

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Fytoremediační schopnost vybraných odrůd konopí setého
(*Cannabis sativa L.*) pěstovaného na rozorané louce**

Diplomová práce

Bc. Karel Infeld

**Zemědělství a rozvoj venkova
Hospodaření v zemědělství**

prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc., dr. h. c.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Fytoremediační schopnost vybraných odrůd konopí setého (*Cannabis sativa* L.) pěstovaného na rozorané louce" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4.2023

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří pomáhali při vzniku této práce. Jmenovitě vedoucímu práce prof. Ing. Pavlu Tlustošovi, CSc., dr. h. c. za vedení této práce, všechny konzultace a vlídný přístup, zároveň i paní Ing. Janě Najmanové, která mě vedla v laboratorní části práce a také České zemědělské univerzitě v Praze, fakultě agronomické a potravinových zdrojů za tuto možnost a dobré zázemí po dobu studia.

Dále poděkování patří Výzkumnému a šlechtitelskému ústavu Agritec Šumperk, zejména paní Ing. Marii Bjelkové Ph.D., která věnovala potřebné osivo a z jejíž metodiky o pěstování konopí jsem vycházel při realizaci práce. Především bych však chtěl poděkovat své rodině a blízkým přátelům za důvěru a podporu během celého studia.

Fytoremediační schopnost vybraných odrůd konopí setého (*Cannabis sativa L.*) pěstovaného na rozorané louce

Souhrn

Konopí je známá univerzální rostlina, která má nespočet možností využití. Tato práce se zabývá pěstováním a fytoremediačními účinky vybraných odrůd konopí na rozorané louce. Zvolené byly odrůdy USO-31, Santhica 27, Finola a Bialobrzieskie. Rostliny byly celkově pěstovány na ploše 60 m² ve třech opakováních pro každou z odrůd. Sklizeň byla provedena v době plné zralosti semen, nejvyšší výnos suché nadzemní biomasy měla odrůda Santhica 27, jejíž výnos byl 18,8 t/ha. U rostlin byla sledována hmotnost jednotlivých částí nadzemní biomasy. Zároveň byly připraveny vzorky biomasy i půd pro laboratorní rozbor. V laboratořích České zemědělské univerzity se analyzovaly vzorky půd pomocí výluhu Mehlich 3 a lučavky královské. U jednotlivých částí biomasy, rozdělených dle odrůd a opakování, byly zjištěny přístupné obsahy živin a potenciálně rizikových prvků pomocí CHNS a po rozkladu pomocí FAAS, ICP-OES a ICP-MS. U rostlin konopí byla zjištěna rozdílná akumulace živin mezi odrůdami. Nejvíce jich extrahovala z půdy odrůda Santhica 27, která měla nejvyšší výnos. Tato odrůda odčerpala 204 kg/ha vápníku, 260 kg/ha dusíku, 151 kg/ha draslíku, 40 kg/ha fosforu, 42 kg/ha hořčíku a 20 kg/ha síry.

U rostlin bylo zjištěno rozdílné ukládání potenciálně rizikových prvků u jednotlivých odrůd. Znatelný rozdíl byl v listech rostlin, zde odrůda Santhica vykazovala vysoké hodnoty u zinku. Ze suché nadzemní biomasy má největší obsahy potenciálně rizikových prvků semeno. To se nám potvrdilo u všech odrůd. Bylo zjištěno, že potenciálně rizikové prvky byly extrahovány v tomto pořadí Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Mo>Pb>As>Cr>Cd. Odrůda Santhica 27 celkově vyextrahovala nejvíce potenciálně rizikových prvků z půdy, konkrétně vyextrahovala 0,43 g/ha arsenu, 97 g/ha mědi, 751 g/ha železa, 199 g/ha manganu a 432 g/ha zinku. USO-31 vykazovala největší fytoextrakční potenciál pro prvky chrom, měď, olovo a nikl. Odrůda Finola vykazovala nejnižší fytoextrakční potenciál, hlavně kvůli svým nízkým výnosům. Při porovnání původního vzorku půdy a půd odebraných po skončení práce je viditelný úbytek přístupného podílu potenciálně rizikových prvků. Tento pokles koncentrací v půdě značí, že se zde již po prvním roce pěstování konopí částečně projevila provedená fytoremediace.

Klíčová slova: *Cannabis sativa*, Bialobrzieskie, Finola, Santhica 27, USO 31, výnos biomasy, živiny, rizikové prvky, fytoextrakce

Phytoremediation potential of selected cultivars of industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) grown on a ploughed meadow.

Summary

Hemp is a well-known versatile plant with countless potential uses. This study focuses on the cultivation and phytoremediation effects of selected hemp cultivars on ploughed meadow. The chosen cultivars were USO-31, Santhica 27, Finola, and Bialobrzeskie. The plants were cultivated on a total area of 60 m² in three replicates for each cultivar. Harvesting was carried out at full seed maturity, with the highest yield of dry aboveground biomass obtained from the Santhica 27 cultivar, which yielded 18.8 t/ha. The weight of individual parts of the aboveground biomass was monitored for each cultivar and replicate. Samples of biomass and soil were prepared for laboratory analyses. Soil samples were analyzed at the Czech University of Life Sciences using Mehlich 3 and royal acid extractants. Accessible nutrient contents and potentially toxic elements were determined for individual biomass parts, separated by cultivar and replicate, using CHNS, FAAS, ICP-OES, and ICP-MS after decomposition. Different nutrient accumulation was observed among hemp cultivars, with the Santhica 27 cultivar extracting the most nutrients from the soil due to its highest yield. This cultivar depleted 204 kg/ha of calcium, 260 kg/ha of nitrogen, 151 kg/ha of potassium, 40 kg/ha of phosphorus, 42 kg/ha of magnesium, and 20 kg/ha of sulfur.

Different accumulation of potentially toxic elements was found among the cultivars, with notable differences in the leaves, where the Santhica cultivar showed high zinc values. The seeds of all cultivars had the highest contents of potentially toxic elements in the dry aboveground biomass. It was found that the potentially toxic elements were extracted in the following order: Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Mo>Pb>As>Cr>Cd. Overall, the Santhica 27 cultivar extracted the most potentially toxic elements from the soil, specifically 0.43 g/ha of arsenic, 97 g/ha of copper, 751 g/ha of iron, 199 g/ha of manganese, and 432 g/ha of zinc. USO-31 exhibited the highest phytoextraction potential for chromium, copper, lead, and nickel. Finola showed the lowest phytoextraction potential, mainly due to its low yields. A decrease in the accessible fraction of potentially toxic elements in the soil was observed when comparing the original soil sample with soil samples taken after the completion of the study. This decrease in soil concentrations indicates that phytoremediation was partially effective after the first year of hemp cultivation.

Keywords: *Cannabis sativa*, Bialobrzeskie, Finola, Santhica 27, USO 31, biomass yield, nutrients, risk elements, phytoremediation

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Konopí.....	10
3.1.1	Popis konopí	10
3.1.2	Rozdělení konopí	11
3.1.3	Látky obsažené v konopí	12
3.1.4	Využití konopí	13
3.2	Požadavky na pěstování konopí	14
3.2.1	Nároky na stanoviště.....	14
3.2.2	Nároky na výživu.....	14
3.2.3	Nároky na předseťovou úpravu	15
3.2.4	Nároky na ochranu.....	15
3.3	Fytoremediace	16
3.3.1	Využití fyto­remediace	16
3.3.2	Metody fyto­remediace	16
3.3.3	Rostliny vhodné pro fyto­remediaci	18
3.3.4	Konopí a fyto­remediace.....	18
4	Metodika	20
4.1	Volba pozemku	20
4.2	Příprava pozemku	20
4.3	Hnojení pozemku	21
4.4	Použité osivo	22
4.5	Agrotechnika.....	23
4.5.1	Urovnání pozemku a vlastní setí.....	23
4.5.2	Pletí pozemku	24
4.5.3	Monitoring pozemku	26
4.5.4	Kontrola rostlin.....	27
4.5.5	Kontrola rostlin.....	29
4.5.6	Kontrola rostlin.....	31
4.5.7	Skližeň odrůdy Finola.....	32
4.5.8	Kontrola rostlin.....	32
4.5.9	Skližeň odrůd USO-31, Santhica 27 a Bialobrzeskie	33
4.6	Laboratorní stanovení obsahů živin a rizikových prvků.....	33
4.6.1	Stanovení chemického složení biomasy	33
4.6.2	Stanovení chemických vlastností půdy.....	34
4.7	Použité statistické metody.....	35

5	Výsledky	36
5.1	Hmotnost biomasy	36
5.2	Stanovení obsahů živin a rizikových prvků v půdě	40
5.3	Výsledky stanovení obsahů živin a rizikových prvků v biomase	45
5.3.1	Obsahy živin a rizikových prvků ve stoncích konopí	45
5.3.2	Obsahy živin a rizikových prvků v listech konopí	46
5.3.3	Obsahy živin a rizikových prvků v semenech konopí	48
5.4	Fytoextrakční potenciál hodnocených odrůd	49
6	Diskuze.....	51
7	Závěr	55
8	Literatura	56
9	Seznam obrázků, tabulek a grafů	61
10	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Konopí (*Cannabis sativa* L.) je rostlina stará přibližně 38 milionů let (Holland 2014). S touto rostlinou mají lidé velice úzký vztah, dochovaly se otisky této rostliny na keramice z roku deset tisíc před Kristem (Li 1973). Konopí bylo historicky hojně využívaným materiálem, používaným pro přípravu lan, sítí, oděvů, látek a papíru, jehož vlastností je přežít po několik staletí (Conrad 2001). V dnešní době známe nespočet možností, jak tuto rostlinu využít. Konopí se například využívá v potravinářství, stavebnictví, oděvnictví a také může sloužit jako náhrada fosilních zdrojů (Miovský 2008). Současně využíváme i jeho významné farmakologické vlastnosti a jeho schopnost čistit půdu od rizikových prvků. Zároveň se jedná o rostlinu se statutem nejrozšířenější nelegální drogy na světě (Ruman et al. 2008). Není mnoho rostlin, které by byly zkoumány tak, jako je tomu právě u konopí.

Přesto je stále mnoho nezodpovězených otázek, na které se hledají odpovědi. Proto jsem se rozhodl zpracovat téma fytoředičních účinků konopí setého pěstovaného na rozorané louce. Chtěl jsem se o této rostlině dovědět více informací a zkusit ji pěstovat v polních podmínkách vlastníma rukama. Zajímalo mě, proč je vlastně konopí vhodnou fytořediční rostlinou (Placido et al. 2022). Rozhodl jsem se proto kultivovat čtyři odrůdy konopí ve třech opakováních. Jedná se o odrůdy Bialobrzeskie, Finola, Santhica 27 a USO 31. Chtěl jsem tedy pomocí těchto rostlin vylepšit půdní podmínky na naší louce a zjistit jakou půdní úrodnost má půda, kde žije má rodina.

Na základě získaných výsledků bych se rád rozhodl, jak s půdou nakládat nadále. Pokud bude fytoředič konopím úspěšná, rád ji do budoucna zopakuji, třeba i ve větším měřítku. Zároveň vím, že taková plocha konopí představuje určité bonusy. Především navýšení biodiverzity, přilákání hmyzu i ptactva do oblasti. Tudíž zmírnění vlivu škodlivých organismů na zahrady v okolí pozemku.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotézy práce:

- Předpokládáme, že vybrané odrůdy konopí setého pěstované na rozorané louce budou dobře zvládat specifické podmínky a vytvoří dostatečné množství biomasy.
- Předpokládáme odlišnou tvorbu nadzemní části biomasy u vybraných testovaných odrůd konopí.
- Předpokládáme různé fytoextrakční schopnosti a odlišné ukládání rizikových prvků u jednotlivých odrůd konopí.

Cíle práce:

- Stanovit hmotnost celkové biomasy u jednotlivých odrůd v období plné zralosti semen.
- Stanovit hmotnost hlavních částí nadzemní biomasy u jednotlivých odrůd konopí setého.
- Stanovit obsah živin a rizikových prvků v jednotlivých částech rostlin konopí
- Definovat fytoextrakční potenciál jednotlivých odrůd konopí pro konkrétní pěstební podmínky.

3 Literární rešerše

3.1 Konopí

Konopí představuje jednu z nejstarších plodin na světě, jeho botanické zařazení prošlo složitým vývojem. Nejprve bylo řazeno do řádu kopřivovitých (*Urticaceae*), poté spadalo do čeledi morušovníkovitých (*Moraceae*) a nakonec byla vytvořena samostatná čeleď konopovitých (*Cannabaceae*). Do ní spadá mimo konopí také chmel (*Humulus lupulus L.*) (Holland 2014). Konopí je názorným příkladem zdroje, který je možné využívat lokálně a bez negativních dopadů na životní prostředí. Konopí může zajistit základní surovinovou soběstačnost i malých a znevýhodněných regionů a zvýšit tak blahobyt jejich obyvatel (Blandinières et al. 2022). Může snížit závislost na dovozech materiálů i energiích a tím i zranitelnost vůči cenovým výkyvům i problémům s dodávkami. Využívání konopí nám umožní znovu pochopit jedinečný vztah člověka a přírody a uvědomit si, jak moc nám naše krajina může dát. Hospodaření s konopím může pomoci vytvořit nová pracovní místa a podnikatelské příležitosti ve venkovských oblastech stejně jako ve městech (Ruman et al. 2008). Nespornými výhodami této rostliny je její všestranné využití, bez nadsázky by mohlo konopí nahradit veškeré fosilní zdroje. Není problém z něj vyrobit motorové palivo, konstrukční materiál pro výrobu aut, stavební materiál pro budování objektů nebo textil (Li et al. 2010). Stalo se zároveň velkým konkurentem bavlny, jelikož jde o silnější materiál, který dokáže lépe odolávat zubu času a také plísním (Doležal 2010). Konopí je také jedinečným zdrojem živin v případě potravin, jako jsou konopná semínka či olej. Navíc blahodárné účinky kanabinoidů obsažených v léčebném konopí jsou středem zájmu již mnoho let. Na popularitě získává hlavně kanabinoid známý pod zkratkou CBD (Fišar 2009). Léčebné konopí se používá například ke zmírnění depresivních stavů, úzkostí, boj s nespavostí, chronickou bolestí, přemírou stresu, křečemi, psychickými poruchami, závislostmi, epilepsií, Parkinsonovou chorobou, Alzheimerovou chorobou, Crohnovou nemocí a mnoho dalších. Jak čas plyne, tak se na světlo stále dostávají nové informace o využitelnosti konopí (Holland 2014).

3.1.1 Popis konopí

Konopí má až jeden metr dlouhý hlavní kulovitý kořen s řadou postranních kořenů a vlásečnicových kořínků. Kořeny se tedy dostanou do značné hloubky, odkud mohou čerpat vodu i živiny. Stonek této rostliny je dlouhý do šesti metrů a je tvořen úzkou dutinou, dřevnatý jádrem, svazky lýkových vláken a ochmýřenou kůrou. Konopí má řapíkaté listy, které jsou dlanitě složené a většinou typicky sedmi čtené, jsou pilovité a je na nich dobře znatelná žilnatina. Konopí je dvoudomé, zde tedy rozeznáváme samčí a samičí rostliny, které se liší nejen typem a dobou květu, ale také růstovými vlastnostmi. Samčí rostliny v první růstové fázi zpravidla výškově předstihnou rostliny samičí. Také mají tenčí stonky a jejich listy mají světlejší barvu. Začínají nakvétat až o měsíc dříve než rostliny samičí, přičemž tvoří řídké laty světlezelených prašníků. Po dozrání se prašníky otevírají a vypouštějí velké množství pylu, který se při příznivém větru může přenést až do vzdálenosti dvanácti kilometrů. (Miovský 2008). Po odkvětu samčí rostliny usychají. Samičí rostliny konopí jsou naproti tomu statnější, více olistěné a mají tmavší barvu. Přibližně v době zralosti samčích rostlin vytvářejí svazky

stopkatých květů, kterým se přezdívá palice, nebo šišky. Mladé květy mají bělozelené pestíky, které se postupem času změny na tmavě oranžovou, hnědou a nebo červenou. Uvnitř květu se po opylení samčí rostlinou vytváří semeno. To je částečně ukryto v podpůrném listenu porostlém žláznatými trichomy, jež vylučují aromatickou pryskyřici. Z hospodářského hlediska jsou samičí rostliny významnější, poskytují kvalitnější vlákno a cenné semeno (Ruman et al. 2008). Samčí rostliny mají význam hlavně pro opylení, jinak se z hospodářského hlediska nevyužívají.

3.1.2 Rozdělení konopí

V nedávné době bylo konopí rozdělováno do tří hlavních skupin. Konopí seté (*Cannabis sativa L.*), konopí indické (*Cannabis indica Lam.*) a konopí rumištní (*Cannabis ruderalis Yan.*). Pro mnoho lidí je toto rozdělování zažité a stále ho používají. Konopí seté je výrazně teplomilná a také světlomilná rostlina. Její původ bychom hledali v jižní až jihozápadní Asii. Toto konopí se vyznačuje zejména svou výškou a mohutností, ve které předčí konopí indické a rumištní. Střed rostlin tvoří silný vláknitý stonek, z něhož rostou dlouhé větve se štíhlými protáhlými listy. I přes svou výšku a pevnost, je stonek dostatečně pružný a dokáže tak odolávat silným poryvům větru. Obecně platí, že toto konopí se vyznačuje nízkým obsahem tetrahydrokanabinolu. Ten působí psychoaktivně, a proto je v České republice omezeno zákonem. Obsah léčebného kanabidiolu je zpravidla nižší. Každopádně v současnosti jsou stále šlechtěny nové a nové odrůdy konopí, které mají požadované vlastnosti. V dnešní době se tato rostlina používá zejména jako technické konopí, a to hlavně pro zemědělské, hospodářské nebo technické využití (Rätsch 2013).

Konopí indické pochází z rozlehleho indického subkontinentu, konkrétně z oblasti mohutného pohoří Hindu Kush. Právě drsné podmínky, které zde panují, jsou v této genetice hluboce zakódované. Rostliny indického konopí jsou podsaditější, nižší a mají velmi husté větvení (Gloss 2015). Listy jsou menší, avšak širší a společně s hustým rozvětvením utváří mohutné trsy. Na konci větví vznikají bohatá květenství s velkým množstvím lepkavé pryskyřice s vysokým obsahem kanabinoidů a terpenů. Tento typ konopí má zpravidla vyšší obsah kanabidiolu. To však neznamená nijak výrazně nízký, či dokonce nulový obsah tetrahydrokanabinolu (Cervantes 2006). Díky vyššímu obsahu kanabidiolu je indické konopí používáno pro šlechtění odrůd léčebného konopí (Rätsch 2013).

Konopí rumištní je potomkem konopí indického, které se přizpůsobilo drsným klimatickým podmínkám a kratšímu trvání vegetačního období v severních oblastech, kam se z okolí Indie rozšířilo. Zdomácnělo v Asii, střední a východní Evropě a zejména v Rusku. Jedná se o rostliny, které unikly lidskému vlivu a přizpůsobily se extrémním podmínkám. Konopí rumištní je krátká stonkatá rostlina, která neprodukuje mnoho semen, květů ani stonků. Protože v době zrání dosahuje obvykle výšky třiceti až osmdesáti centimetrů (Gloss 2015). Hlavní odlišností konopí rumištního od dalších dvou druhů, je doba kdy rostlina začíná kvést. Ta se totiž odvíjí od stáří rostliny, nikoli od fotoperiody, jak je tomu u konopí setého a indického. Tyto rostliny obvykle začínají kvést do jednoho měsíce od zasazení semínek, a to nezávisle na tom, jaký je měsíc. Konopí rumištní má nízký obsah tetrahydrokanabinolu i kanabidiolu. Do nedávna o tuto rostlinu nebyl příliš velký zájem. Se zvětšující popularitou domácího pěstování pod umělým osvětlením se stal tento druh konopí velice atraktivní. Navíc křížením s klasickými

potentními odrůdami se šlechtitelům daří neustále zvyšovat obsah účinných látek v rostlině (Rätsch 2013).

V současnosti se však hovoří o jednom vysoce polymorfním druhu konopí. Podle genetických, morfologických, anatomických a fytochemických studií se jedná o konopí seté. Další druhy konopí, indické a rumištní, jsou nyní zařazovány jako poddruhy konopí setého. Nedávno byl navržen nový klasifikační systém, který upouští od klasifikace konopí do kultivarů a je založen na zastoupení sekundárních metabolitů. Konopí je chemotaxonomicky tříděno do chemotypů. S nadsázkou se dá říci, že pět synonym pro konopí různého pohlaví od Linného vystřídal současný systém pěti chemotypů. Chemotyp jedna zahrnuje rostliny s převahou tetrahydrokanabinolu, považuje se za drogový typ. Do chemotypu dva se řadí rostliny obsahující tetrahydrokanabinol i kanabidiol ve vyrovnaném poměru. Chemotyp tři obsahuje převážně kanabidiol, přičemž obsah tetrahydrokanabinolu je minimální, řadí se sem hlavně konopí na vlákno. Chemotyp čtyři popisuje rostliny obsahující převážně kanabigerol, může obsahovat i méně kanabidiolu. Chemotyp pět jsou zbývající rostliny, které neobsahují téměř žádné kanabinoidy v nadzemních částech rostliny (Kaczorová et al. 2020).

V závislosti na podnebných typech se rozlišují další čtyři skupiny konopí setého, a to konopí severní, které je nejranější. Dále konopí středoruské, které je také raného typu. Konopí středoevropské, které je přechodného typu a konopí jižní, to je středně pozdního až pozdního typu (Ruman et al. 2008).

3.1.3 Látky obsažené v konopí

V této rostlině lze nalézt velké množství primárních i sekundárních metabolitů. Vědci jich už v roce 1980 popsali více jak čtyři sta dvacet (Turner et al. 1980). Dnes autoři hovoří o více jak pět set třiceti. Většina z nich je běžně rozšířená i u jiných organismů. Bylo nalezeno třicet pět sacharidů, dvacet jednoduchých kyselin, osmnáct aminokyselin, alkoholy, amidy, ketony, vitamíny a další látky (Miovský 2008).

Z metabolitů sekundárních tvoří rostliny silici, zde mají hlavní podíl terpeny, a to přes osmdesát procent. Terpeny jsou látky obsažené v konopí, jsou zodpovědné za vůni a chuť jednotlivých odrůd (Andre et al. 2016). Jejich výnos se podle studií pohybuje pod hranicí jednoho procenta z rostliny, ale mohou tvořit až deset procent z produktů syntetizovaných v trichomech. V konopí bylo objeveno více jak dvě stě terpenů, ale jejich farmakologický potenciál nebyl příliš studován (Russo 2011). Při léčbě mají synergetický účinek s kanabinoidy, což může zajišťovat komplexnější léčebný účinek než použití jednotlivých účinných látek. Terpeny jsou isoprenoidní látky, které se rozlišují na monoterpeny, seskviterpeny a diterpeny, podle počtu izoprenových jednotek. Monoterpeny byly nalezeny v květech, kořenech a listech konopí, jedná se o nejrozšířenější skupinu těkavých látek v sušených květech. Jsou to hlavně D-limonen, β -myrcen, α -pinen, β -pinen, terpinolen a linalool (Andre et al. 2016). Pokud se pěstují rostliny ve standardizovaných podmínkách, byla zjištěna průkazná a pozitivní korelace mezi produkcí terpenů a kanabinoidů. Ta je s největší pravděpodobností způsobena tím, že oba typy těchto látek jsou produkovány ve žláznatých trichomech (Andre et al. 2016).

Fenolické látky jsou také součástí sekundárních metabolitů. V konopí bylo identifikováno okolo dvaceti flavonoidů. Flavonoidy jsou izolovány z květů, listů a pylu. Tyto látky vykazují protizánětlivé, protirakovinné a neuroprotektivní účinky (Andre et al. 2010).

Alkaloidy jsou další skupina sekundárních metabolitů. Vždy obsahují dusík a zpravidla vykazují biologickou aktivitu v malých dávkách. V konopí bylo identifikováno deset alkaloidů. Alkaloidy se vyskytují v konopných listech, zároveň však byly izolovány také z kořenů, stonku, pylu a semen (Pelt 2008).

Nicméně tou nejvíce zajímavou látkou z pohledu vědy jsou kanabinoidy, těch bylo do současné doby v konopí nalezeno sto čtyřicet čtyři, avšak většina z nich se nachází v rostlinách pouze v minimálním množství (Hanuš et al. 2016). Uvádí se, že kromě konopí produkuje tyto látky více jak padesát dalších organismů. Vyskytují se i v mateřském mléce savců včetně člověka. Kanabinoidy se v rostlině vyskytují ve formě kyselin a vlivem tepla dekarboxylují na zásady. Tento proces dekarboxylace je však nezbytný pro využití lékařského potenciálu konopí. Samotné kyseliny nejsou psychoaktivní, některé však působí protizánětlivě (Holand, 2010). Přestože chemická struktura kanabinoidů je podobná, jejich farmakologické účinky mohou být velice odlišné. Kanabinoidy podle jejich základních struktur se dělí do deseti skupin (Elsohly 2007).

3.1.4 Využití konopí

Konopí má široké využití v různých odvětvích národního hospodářství, od zemědělství přes papírenský, stavební a automobilový až po potravinářský, textilní, kosmetický a farmaceutický průmysl. Odrůdy technického konopí se využívají zejména pro produkci vláken, pazdeří a semen (Grotenhermen 2009). Popular Mechanics Magazine z prosince 1941 uvedl, že konopná vlákna se používala v kompozitech z pryskyřičných materiálů pro karoserii vozu Henryho Forda. Údajně má nárazovou pevnost desetkrát větší než ocel (Trauffer 1941). Dále se dá z konopí získat bioenergie, vlákno nebo buničina. Také se dá destilovat etanol pro použití jako biopaliva, která se tradičně vyrábějí z klasických plodin jako je kukuřice nebo cukrová řepa, ale lignocelulózová biomasa se ukázala jako slibný obnovitelný zdroj (Li et al. 2010). Konopné rostliny jsou v oblasti ekologicky šetrného zemědělství opravdu hodně ceněné, protože velice efektivně dokáží využít sluneční energii a za poměrně krátkou dobu pomocí fotosyntézy dokáží přeměnit velké množství oxidu uhličitého na vlastní biomasu. Tyto průměrně až čtyři metry vysoké rostliny vytvoří velice rychle zápoj, který zabraňuje růstu plevelů a pomáhá zachovávat živiny a vodu ve vrchní vrstvě půdy (Kubánek 2009). Ani v řídkých porostech konopí nepředstavují plevelé závažný problém, výjimkou jsou jen menší plochy, kde zastínění spodních pater není dostatečné (Jankauskiene et al. 2009). Ochrana konopí herbicidy je tedy poněkud zbytečná. Konopí zanechává půdu bezplevelnou (Kubánek 2009). Kořenový systém konopí je také velice mohutný, rostlina tak může získávat vodu i živiny z velkého prostoru, její až metr dlouhé kořeny provzdušňují půdu, zvyšují její schopnost zadržovat vodu, navíc zabraňují erozi. Při opadávání listů v závěrečné fázi dozrávání rostliny se zpět do půdy dostává poměrně velké množství cenných živin. Zapojením konopí do systému střídání plodin se omezí riziko rozšíření chorob a škůdců (Ruman et al. 2008). Konopí pěstované na kontaminovaných půdách je skvělý zdroj obnovitelné energie. Jak anaerobní digesce, tak spalování kontaminované biomasy bylo velice energeticky produktivní a poměrně ekologické (Todde et al. 2022).

3.2 Požadavky na pěstování konopí

Konopí na počátku pěstování vyžaduje značné množství vody, později je schopno odolávat přechodnému suchu. Největší požadavek na vodu má tato rostlina před a v době květu. S procesem dozrávání spotřeba vody klesá (Bjelková et al. 2017). Náročnost na vodu je značná, protože na vytvoření jednotky sušiny potřebuje až dvakrát více vody než pšenice nebo oves (Stražil 2006). Na vytvoření jednoho kilogramu sušiny nadzemní části rostliny potřebuje až sedm set litrů vody. Celoroční úhrn srážek v oblasti pěstování by neměl klesnout pod pět set milimetrů. V průběhu vegetačního období potřebuje kolem tří set milimetrů srážek (Šnobl 2004). Při dodržení příhodných podmínek nám poskytne velmi vysoké výnosy, nicméně při menších výnosech je schopno růst i na stanovištích méně vhodných (Honzík 2012). Obecně se dá prohlásit, že konopí roste dobře tam, kde se daří kukuřici. Vhodné pro něj jsou půdy hluboké, hlinité až hlinitopísčité, kypré, bohaté na humus a živiny s propustnou spodinou (Bjelková et al. 2017). Dá se také dobře pěstovat v údolích kolem řek.

3.2.1 Nároky na stanoviště

Nejlepších výsledků dosahuje na neutrálních až slabě zásaditých půdách (Gabrielová 2007). Tuto rostlinu lze také pěstovat na zúrodněných slatinách, rozoraných loukách nebo vysušených rybnících. Nevhodné pro pěstování konopí jsou půdy kyselé, mělké, kamenité, písčité, jílovité, utužené a vysychavé. Tato plodina je opravdu velice náchylná na utužení půdy. Zhutněná půda rostliny zpomaluje v růstu a způsobuje kořenové choroby. Z tohoto důvodu se klade důraz na provedení podmítky po sklizni předplodiny a následné provedení střední až hluboké orby. Jarní předseťová příprava spočívá v prokypření půdy kompaktořem do hloubky seťového lůžka. Obvykle do hloubky deseti centimetrů (Bjelková et al. 2017).

Na zařazení v osevním postupu je konopí poměrně nenáročné (Šnobl 2004). Nejvhodnější předplodinou jsou rostliny, které zanechávají půdu čistou, kyprou, dobře zásobenou živinami, a to především dusík vázající. Mezi takové plodiny patří luskoviny, jetel a nebo vojtěška. Někdy se konopí pěstuje i po obilovinách. Konopí lze sít za náležitého hnojení i několik let po sobě na stejném stanovišti. Tato rostlina zanechává půdu hluboko prokypřenou a bezplevelnou, proto je dobrou předplodinou (Kubánek 2009). Dříve se vsévalo jako meziplodina do řepy a brambor nebo jako rostlina okrajová (Honzík 2012).

3.2.2 Nároky na výživu

Konopí je plodina, která má vyšší nároky na základní živiny, a to zejména na dusík a draslík (Wylie et al. 2021). Tato rostlina vyžaduje snadno dostupné formy živin. Oproti nadzemní části má slaběji vyvinutý kořenový systém, avšak na rozdíl od jiných rostlin má konopí bohatou kořenovou mikroflóru. Na kořenech se vyskytují bakterie, které rozkládají dusíkaté organické sloučeniny. Na počátku tedy konopí roste pomaleji, protože se rostlina zaměřuje na vybudování kořenového systému. Na přihnojení reaguje konopí velice pozitivně vysokým zvýšením výnosu. Je zřejmá závislost mezi hnojením dusíkem, výškou a intenzitou růstu rostlin konopí. Potřeba živin jednotlivých plodin se určuje odběrem živin z plochy spolu s plánovanými výnosy. Roční odběr živin spolu se zásobou živin v půdě je základem pro

stanovení kompenzačních dávek hnojení (Bjelková et al. 2017). Efektivnost hnojení je závislá na průběhu povětrnostních podmínek a půdní zásobě živin.

Tabulka 1 Průměrný odběr živin (Bjelková et al. 2017)

1 tuna suchých stonků	1 tuna semene
Dusík 19 kg	Dusík 64 kg
Fosfor 5 kg	Fosfor 17 kg
Draslík 12 kg	Draslík 72 kg
Oxid vápenatý 15 kg	Oxid vápenatý 62 kg

Hnojení fosforečnými a draselnými hnojivy je vhodné provést na podzim a hnojiva zapravit do půdy. Po podzimní orbě je obvyklá jarní příprava půdy s přihnojením sto kilogramů dusíku a doplněním padesáti kilogramy draslíku na hektar se zapravením. Při pěstování na semeno je vhodné i přihnojení padesáti kilogramy fosforu na hektar. Pod rostliny konopí je možná i aplikace chlévského hnoje na podzim spolu s částí fosforečných a draselných hnojiv. Zbytek hnojiv se aplikuje na jaře. Na jaře můžeme aplikovat i celou dávku fosforečných a draselných hnojiv, ale je potřeba opravdu kvalitní zapravení do půdy (Bjelková et al. 2017).

3.2.3 Nároky na předseťovou úpravu

Co se hloubky setí týče, tak konopí sejeme do jednoho až tří centimetrů. Této hloubce musí odpovídat i předseťová příprava, kdy hloubka prokypření půdy musí odpovídat hloubce setí, tak aby bylo vytvořeno vhodné půdní lůžko, které nám umožní setí do stejné hloubky a tím i stejnoměrné vzcházení rostlin (Bjelková et al. 2017). Ideální hloubka setí nám zajišťuje lepší zakořeňování i vzcházení rostlin. Semena konopí začínají klíčit již při teplotě dva stupně Celsia, v době setí by však teplota měla být kolem deseti stupňů Celsia. V době vzcházení je konopí odolné krátce trvajícím jarním mrazíkům, to až do mínus šesti stupňů Celsia (Šnobl 2004). Co se týče šířky řádku, tak ta může být odlišná v závislosti na účelu pěstování rostlin a použité odrůdě. Běžně se používá šířka řádku od patnácti do pětadvaceti centimetrů, avšak můžeme se setkat i s šířkami od dvanácti do padesáti centimetrů (Bjelková et al. 2017).

3.2.4 Nároky na ochranu

Konopí patří mezi úzkořádkově seté plodiny, tedy po vzejití dochází k hustému zapojení porostu. Růst plevelů se tak silně potlačuje a zpravidla není nutné provádět herbicidní zásah (Jankauskiene et al. 2009). Zároveň je schopné aleopatického působení na plevele a ve vysokém porostu na ně působí inhibičně (Kubánek 2009). Dobře založený porost má dostatečnou konkurenční schopnost k potlačení plevelných rostlin (Bjelková et al. 2017). Za nepříznivých podmínek může nastat situace, že konopí nevzejde dost rychle a plevel přeroste rostliny konopí. V tomto případě pomůže meziřádkové kypření půdy (Gabrielová 2007).

Na konopí bylo identifikováno více jak tři sta škůdců a okolo stovky chorob. Nicméně většina z nich nemá ekonomický význam. Konopí v polních podmínkách nevyžaduje velkou

ochranu proti škůdcům a patogenům jako jiné polní plodiny. Rostliny jsou značně odolné a nepoléhají, avšak silný vítr nebo vichřice může porosty zcela zničit. Ze škůdců na konopí můžeme nalézt například dřepčíka chmelového (*Psylliodes attemata* Koch), mšici konopnou (*Phylodron cannabis* Pass) a zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis* Hübner). Hlízenka obecná (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib) způsobuje onemocnění bílou hnilobou (Kubánek 2009). Z chorob se můžeme setkat například s plísní šedou (*Botrytis cinerea* Pers) a fusárizou (*Giberella pulicaris* Sacc). Odrůdy technického konopí mají vysokou rezistenci vůči napadení, proto se nemoci vyskytují na polních plochách jen výjimečně. Nejvíce rizikovým škůdcem konopného semene je ptactvo, které při opožděné sklizni může zlikvidovat celou úrodu semene (Gabrielová 2007).

3.3 Fytoremediace

Fytoremediace je proces, při kterém se využívají byliny, traviny, stromy, kaktusy anebo vodní makrofyty k dekontaminaci prostředí od rizikových prvků. Jedná se o proces, který je lidstvu znám již mnoho let (Graipsson 2011). V průběhu let se fytoremediace ukázala jako platná metoda pro snižování kontaminace životního prostředí přírodě blízkými postupy a k úspoře spotřeby stále více nedostatkové vody. Hlavní formou znečištění je tedy hromadění antropogenních těžkých kovů v půdě. Takové potenciálně toxické prvky jsou biologicky nerozložitelné a přetrvávají po mnoho let jako zdraví nebezpečné. Tradiční formy sanace jsou finančně velice nákladné (Vaněk et al. 2017). O akumulaci těžkých kovů v listech se ví už od konce devatenáctého století. V průběhu osmdesátých a devadesátých let minulého století se začala podrobněji zkoumat akumulace kovů a její možné využití (Soudek et al. 2008).

3.3.1 Využití fytoremediace

Fytoremediace se ukázala být velice výhodnou technologií tam, kde je znečištění území rozptýlené a použití tradičních metod není ekonomické. Je však nutné vybrat vhodné druhy rostlin pro odstranění konkrétního znečištění v závislosti na typu lokality (Vaněk et al. 2017). Nejnovější výsledky získané pomocí kultur rostlinných buněk kultivovaných in vitro a pomocí genových manipulací jsou, co se týče budoucího využití fytoremediace v širším měřítku, více než slibné (Kožmínska et al. 2018).

3.3.2 Metody fytoremediace

Fytoextrakce je proces, při kterém jsou rostliny použity k extrakci nebo koncentraci cenných kovů nebo jiných látek z půdy nebo vody. Jedná se o metodu využívající přirozené vlastnosti rostlin, jako je schopnost akumulovat nebo vylučovat cenné kovy a další prvky pomocí svých kořenů. Rostliny jsou schopny nasávat prvky a látky ze znečištěného prostředí a ukládat je do svých tkání. Po nasbírání rostlin se provede jejich zpracování, například spalování nebo tavení, aby byly získány cenné kovy. Fytoextrakce může být využívána jako ekologicky šetrná a nákladově efektivní alternativa k tradičním metodám získávání kovů, jako jsou například těžba nebo chemické procesy. Touto metodou se odstraňují zejména těžké kovy, avšak takto odstraníme i metaloidy, radionuklidy, nekovy a další látky (Rheay et al. 2021). Fytoextrakcí se převážně čistí kontaminované půdy, dá se použít i na dekontaminaci kalů nebo

sedimentů. Pro tuto metodu jsou vhodné rostliny, které mají rozsáhlý kořenový systém a dobře snášejí kontaminované prostředí (Soudek et al. 2008). Ideální je, pokud akumulují velké množství rizikových prvků ve své nadzemní části, protože se pak jednodušeji sklízí. Rostliny, které jsou schopny snášet vysoké koncentrace rizikových prvků a akumulovat jich velké množství, se nazývají hyperakumulátory (Brooks et al. 1977). Zde však narážíme na problém s pomalou rychlostí růstu a malým množstvím produkované biomasy. Možnou cestou k získání ideálních rostlin pro fytoextrakci je křížení, nebo genetická manipulace (Kožmińska et al. 2018). Fytoextrakce může být ekonomicky velice výhodnou technologií, pokud se kovy vyextrahované rostlinami z kontaminované půdy dají získat k opětovnému použití (Vaněk et al. 2017).

Fytodegradace je metoda využívající zelené rostliny k degradaci kontaminantů na netoxické látky. Fytodegradaci lze využít při dekontaminaci půdy, sedimentů, kalů, podzemní vody i povrchové vody znečištěné organickými látkami, jako jsou výbušniny, chlorovaná rozpouštědla, herbicidy či insekticidy (Soudek et al. 2008). Pro fytodegradaci je důležitá dosažitelnost organických molekul pro příjem, transport a zpracování metabolismem rostliny či mikrobiálními populacemi spjatými s rostlinou. Dostupnost kontaminantu závisí na jeho relativní lipofilitě, obsahu organické hmoty, pH, obsahu jílu, vlhkosti, typu půdní vody, výměnné iontové kapacitě, obsahu nutrientů a stáří kontaminantu (Vaněk et al. 2017).

Fytostabilizace využívá vegetaci ke snížení mobility kontaminantů – zabraňuje jejich pohybu do podzemní vody, jejich transportu větrem a jejich vstupu do potravního řetězce. Transport kontaminantu v půdě, sedimentu nebo v kalu může být snížen adsorpcí kontaminantu na kořenech, oxidací či redukcí, převedením na nerozpustnou formu nebo zabudováním do ligninu či do humusové složky půdy při procesu humifikace. Důležité je zdůraznit vliv celé řady půdních podmínek na rozpustnost a mobilitu kontaminantu (Kožmińska et al. 2018).

Fytovolatilizace je poněkud kontroverzní metoda, při které je kontaminant přijat rostlinou a poté je uvolněn do ovzduší těkavý produkt degradace kontaminantu nebo těkavá forma původně netěkavého kontaminantu (Soudek et al. 2008). Aby byla fytovolatilizace účinná, musí být produkt degradace nebo těkavá forma kontaminantu méně toxické než původní látka (Skálová et al. 2013).

Rhizodegradace je metoda, kdy jsou organické látky v půdě rozloženy na jednodušší látky nebo kompletně mineralizovány na CO₂ a H₂O pomocí bakterií a hub, které se v půdě běžně vyskytují a jejichž množství a různorodost mohou být ovlivněny přítomností kořenů rostlin a jejich působením. Rhizodegradace využívá stimulaci mikrobiální degradace uvolňováním exudátů nebo enzymů v kořenové zóně (Soudek et al. 2008). Exudáty jsou látky produkované rostlinou a podporují růst i metabolické aktivity mikrobiálních populací v kořenové zóně. Právě kvůli exudátům je velikost mikrobiální populace a její aktivita mnohem vyšší v rhizosféře než v půdě. Množství a typ exudátů závisí na druhu rostliny, stadiu jejího vývoje a na charakteru místa (Skálová et al. 2013).

Rhizofiltrace je proces využívající kořenové systémy rostlin k odstraňování, redukcí nebo filtraci znečištění v půdě nebo vodě. Jedná se o metodu fytoremediace, která využívá schopnosti kořenů rostlin absorbovat a metabolizovat různé chemické látky, jako jsou například těžké kovy, pesticidy a další toxiny. Rhizofiltrace je založena na tom, že kořeny rostlin fungují jako biologický filtr, který zachycuje a metabolizuje škodlivé látky při jejich průchodu půdou nebo vodou. Rostliny jsou schopny rozložit nebo odstranit znečišťující látky, čímž čistí půdu nebo

vodu. Rhizofiltrace je ekologicky šetrnou a nákladově efektivní metodou pro čištění znečištěných půd a vod (Vaněk et al. 2017).

3.3.3 Rostliny vhodné pro fytoremediaci

Každá lokalita má jiné stanovištní podmínky, proto se používá značné spektrum rostlin, které mají požadované vlastnosti. Hlavní pozornost je věnována druhům, které jsou dobře rostoucí, široce rozšířené a snadno dostupné. U rostlin se taky hodnotí její schopnost odolávat stresu, kontaminantu a chorobám. Pro fytoremediaci je klíčová morfologie kořene a jeho délka. Především se vybírají rostliny, které vytvoří větší hmotnost biomasy. Takové rostliny jsou zpravidla schopné pojmout větší množství kontaminantu (Vaněk et al. 2017).

3.3.4 Konopí a fytoremediace

Konopí se ukázalo velice vhodné pro fytoremediaci kontaminovaných ploch, protože se dokáže přizpůsobit různým půdním i klimatickým podmínkám. Tato rychle rostoucí rostlina může být pěstovaná na silně kontaminovaných půdách. Navíc má hluboké kořeny, které mají pro půdu mnoho benefitů. Konopí se používá k čištění prostředí od polycyklických aromatických uhlovodíků, pesticidů, organických rozpouštědel, těžkých kovů a dalších rizikových prvků (Rheay et al. 2021). Konopí se dokonce úspěšně používá k čištění půd, které byly zasaženy radiací při jaderné katastrofě v Černobyli v roce 1986. Kromě čištění půdy probíhá výzkum s využitím konopných vláken k vytvoření absorpčního materiálu schopného odfiltrovat kovy z kontaminované vody. Zajímavostí je, že při nelegálním prodeji marihuany byla zjištěna úmyslná kontaminace konopného materiálu olovem kvůli zvýšení zisku při prodeji (Kaczorová 2020). Existuje práce zaměřená na porovnávání fytoremediační účinky konopí, lnu a bavlny. Dle této práce je len plodina, která nejsilněji absorbuje těžké kovy, je následována konopím. Dále zjistíme, že v případě konopí se nejvyšší koncentrace těžkých kovů nachází v kořenech, poté ve stonku, listech, a nakonec v semeni. Ve výsledku doporučuje použití lnu i konopí jako fytoremediační rostliny (Angelova et al. 2004).

Pokud jsou části konopí kontaminovány rizikovými prvky, tak by se neměly používat v potravinářském ani v oděvnickém průmyslu. Existuje však několik procesů, které dokáží z rostlinných částí těžké kovy odstranit. Například přeměnou konopné biomasy na kyselinu jantarovou, která má další využití. Při získávání kyseliny jantarové z konopí se často používá fermentace konopných rostlin s přidáním kyseliny mléčné a kvasinek. Po skončení fermentace se konopí oddělí a kyselina jantarová se získá odpařením a krystalizací (Putri et al. 2020). Vysoká kvalita konopných vláken není ovlivněna kontaminací kovů, což umožňuje jejich další použití (Rheay et al. 2021). Popular Mechanics Magazine z prosince 1941 uvedl, že konopná vlákna se používala v kompozitech z pryskyřičných materiálů pro karoserii vozu Henryho Forda. Údajně má nárazovou pevnost desetkrát větší než ocel (Trauffer 1941). Dále se dá z konopí získat bioenergie, vlákno nebo buničina. Také se dá destilovat etanol pro použití jako biopaliva, která se tradičně vyrábějí z klasických plodin jako je kukuřice, nebo cukrová řeka, ale lignocelulózová biomasa se ukázala jako slibný obnovitelný zdroj (Li et al. 2010). Rostlinná biomasa má tedy po dokončení sklizně mnoho potenciálních komerčních využití. Konopí přispívá k větší různorodosti v krajině a zvyšuje biodiverzitu prostředí, jelikož velice snadno odolává plevelům a škůdcům, tak jsou pesticidy méně používané (Bjelková et al. 2017). Alufasi

et al. (2020) uvádí, že díky vysokým výnosům biomasy, hlubokým kořenům a svým vlastnostem je konopí ideální fytoimediační rostlinou. Poukazuje však na nutnost dalších výzkumů v této oblasti. Zároveň poukazuje na možnost genového inženýrství, které by mohlo zlepšit požadované vlastnosti konopí.

4 Metodika

4.1 Volba pozemku

Parcela, kde byla práce realizována, se nachází ve městě Chrudim v nadmořské výšce 260 m. n. m., průměrná roční teplota je zde dvanáct stupňů Celsia, průměrný roční úhrn srážek je přibližně 500 mm. Nedaleko se nacházel strojírenský podnik Transporta Chrudim, letiště Chrudim a zároveň nedaleko stojí město Pardubice, kde jsou rozsáhlé průmyslové komplexy společností Paramo a Syntezia. Parcela se nachází v těsné blízkosti hlavní pozemní komunikace v zahrádkářské oblasti poblíž města Slatiňany, většina domů v okolí používá spalovací kotle na pevná paliva, proto je zde pravděpodobnost kontaminace. Nakonec bylo rozhodnuto vybrat parcelu číslo 1881/3, která vyhovuje z hlediska přístupu i ohraničení pozemku. Pro realizaci projektu byla zvolena část pozemku, která se nacházela dále od cesty, kvůli prevenci nechtěné návštěvy. Pozemkem pro experiment se tedy stala louka, kde se několik let pásly ovce. Parcela 1881/3 se nachází v BPEJ 3.02.00, tyto půdy jsou hodnoceny jako vysoce produkční s bodovou výnosností 95, jedná se o černozem s nulovou svažitostí. Vodu na pozemku nalezneme v hloubce 1,7m. Bohužel se zde, ale nachází mrazová kotlina, která by mohla znamenat komplikace při dozrávání rostlin. Na ploty v okolí pozemku byly přidělané výstražné informační cedule a pozemek byl zabezpečen fotopastmi.

4.2 Příprava pozemku

Dne 1.4.2022 proběhlo vyměření a vyznačení pozemku pro experiment, zároveň byl umístěn první sloupek, které bude podpírat oplocení. Celkově má pozemek o trochu větší rozměry než šedesát metrů čtverečních, protože se počítá se třemi opakování pro každou ze čtyř odrůd. Každá z odrůd bude tedy mít 15 m², které budou rozděleny na tři řádky. Následně byl pozemek dne 5.4.2022 ručně zryt do hloubky zhruba třiceti centimetrů. Během rytí byly náhodně odebrány vzorky půdy, které se nechaly dokonale vyschnout a následně budou podrobeny laboratornímu rozboru. V poslední fázi přípravy pozemku proběhlo jeho zabezpečení formou pletiva (Obr.1). Zabezpečení musí odolat stádu ovcí, pro které bude rostoucí plodina zajisté velice atraktivní. Celkově se na tomto pozemku pracovalo velice dobře, protože půda byla opravdu kyprá a v dobré kondici. Je zde bohatý půdní život na rozdíl od blízkého pole, kde nežije ani krtek. Již v půl metru byla znát blízká přítomnost vody.



Obrázek 1 Příprava a oplocení pozemku

4.3 Hnojení pozemku

Dne 14.4. 2022 bylo provedeno hnojení plochy. Pro hnojení pozemku bylo zvoleno minerální hnojivo typu NPK(S) 15-15-15+(7), při zvolené jednorázové dávce dusíku šedesát kilogramů na hektar, jsem tedy dodával dva tisíce čtyři sta gramů hnojiva na plochu o rozloze šedesáti metrů čtverečních. Tedy každá z odrůd dostala šest set gramů hnojiva. Nejedná se o práci zaměřenou na maximální produkci, tak byla zvolena opravdu velice malá dávka hnojiva. Po rovnoměrném rozprostření minerálního hnojiva po experimentální ploše, bylo potřeba hnojivo zapravit do půdy. Byla zvolena varianta ručního elektrického kultivátoru (Obr.2), se kterým bylo velice snadné hnojivo do půdy zapravit. Kultivátor také pomohl rozmělnit zbývající drn, což bylo také přínosné. Pozemek byl tak ponechán a čekalo se na vhodný termín pro vysetí semen.

N → Dodáno 60 kg N/ha → na plochu 60 m² = 0,36kg N

P → Dodáno 26,4 kg P/ha → na plochu 60 m² = 0,1584kg P

K → Dodáno 50kg K/ha → na plochu 60 m² = 0,3kg K

S → Dodáno 28 kg S/ha → na plochu 60 m² = 0,168kg S



Obrázek 2 Zapravení hnojiva

4.4 Použité osivo

Osivo, potřebné pro realizaci této diplomové práce, dodal výzkumný a šlechtitelský ústav Agritec Šumperk, jednalo se s paní Ing. Marií Bjelkovou, Ph.D., která byla velice ochotná a se zasláním osiva pomohla. Navíc doporučila konkrétní odrůdy pro tento experiment, jsou jimi Bialobrzeskie, Finola, Santhica 27 a USO-31. Tímto bych jí ještě jednou rád poděkoval.

Bialobrzeskie je odrůda registrovaná v roce 1968 a je výsledkem křížení dvoudomých a jednodomých odrůd (LKCS D x Kompolti x Bredemann 18 x Finrimon 24). Odrůda byla vyšlechtěna v Polsku pro podmínky mírného pásma a je hojně pěstovaná ve střední Evropě. Často se využívá pro rekultivaci. Jedná se o odrůdu jednodomou se zaměřením na produkci stonku i semena a velkou odolností vůči chorobám. Hmotnost tisíce semen se pohybuje okolo patnácti gramů (Bjelková et al. 2017). Obsah vlákniny ve stonku je okolo 30 procent. Vzrůstem se řadí mezi středně velké rostliny. Podle stanovištních podmínek dosahuje výšky kolem dvou metrů (Rahemi et al. 2021). Doba vegetace je řízena fotoperiodou. Sklizeň na semeno zpravidla probíhá v říjnu, u rostlin pěstovaných na vlákno dříve (Jankauskiene et al. 2009). Zároveň rostlina obsahuje malé množství cenného kanabidiolu a zanedbatelné množství tetrahydrokanabinolu. Morfologicky se podobá odrůdě Beniko.

Finola je odrůda registrovaná v roce 1995 byla vyšlechtěna ve Finsku a je vhodná pro všechny typy podnebí i pro pěstování pod umělým osvětlením. Je výsledkem křížení (Sour Tsunami x E.R.B) (Callaway 2004). Bohužel se u ní vyskytuje větší náchylnost k listovým a

stonkovým houbám (Bjelková et al. 2017). Dvoudomá odrůda je vyšlechtěna na produkci semene pro potravinářský průmysl, produkci květenství, ale hlavně pro výrobu olejů. Zároveň obsahuje nemalé množství kanabidiolu, přibližně pět procent. Jedná se o odrůdu s velice krátkou dobrou růstu. A řadí se mezi konopí rumištní. Dosahuje výšky do jednoho metru. Odrůda obsahuje zanedbatelné množství tetrahydrokanabinolu (Callaway 2004).

Santhica 27 je jednodomá odrůda registrovaná v roce 1995 byla vyšlechtěna ve Francii je vhodná pro všechny typy podnebí i pro pěstování pod umělým osvětlením. Vyšlechtěna zejména pro produkci stonku (Bjelková et al. 2017). Rostlina obsahuje přibližně tři procenta kanabidiolu, navíc obsahuje asi dvě procenta kanabigerolu. Odrůda obsahuje zanedbatelné množství tetrahydrokanabinolu. Jedná se o rostlinu středního vzrůstu, která dosahuje výšky kolem dvou metrů. Jedná se o odrůdu s klasickou dobou květu a je řízená fotoperiodou. Sklizeň na semeno se provádí v říjnu, na stonk o něco dříve. Obsah oleje v semeni je okolo třiceti procent. Obsah vlákna ve stonku se udává okolo pětatřiceti procent. Je podobná odrůdě Beniko, USO 31 nebo Epsilon 68 (Bouayoun et al. 2017).

USO 31 je jednodomá odrůda registrovaná v roce 1997. Byla vyvinuta Ústavem baštin a plodin Národní akademie agrárních věd Ukrajiny a je vhodná zejména pro venkovní pěstování v Evropském mírném pásu. Je výsledkem křížení (Glukhovskaja 10 x YUSO-1). Byla vyšlechtěna zejména pro produkci semene i vlákna, navíc disponuje zvýšenou odolností vůči plísni šedé a fuzariózám (Bjelková et al. 2017). Odrůda obsahuje zanedbatelné množství tetrahydrokanabinolu a okolo tří procent kanabidiolu. Obsah vlákna ve stonku se pohybuje okolo třiceti procent. Jedná se o plodinu s klasickou dobou květu, sklizeň na semeno probíhá na začátku října, na stonk dříve. Rostlina dosahuje výšky průměrně okolo dvou metrů (Rahemi et al. 2021).

4.5 Agrotechnika

4.5.1 Urovnání pozemku a vlastní setí

Dne 7.5. 2022 nastaly optimální podmínky pro výsev rostlin, celý pozemek byl uhrabán, čímž se připravilo seťové lůžko (Obr.3) a následně byly vymezeny prostory pro jednotlivé testované odrůdy. Nejprve se rozhodlo, kde bude jaká odrůda umístěna dle předpokládané finální velikosti, poté se začalo s vyzarováním jednotlivých řádků. Každá z odrůd tedy měla připravené tři řádky, které měly meziřádkovou vzdálenost padesát centimetrů. Dále bylo potřeba zvolit vhodnou hloubku setí a vzdálenost mezi rostlinami v rámci řádku. Hloubka setí byla zvolena na tři centimetry a vzdálenost mezi rostlinami patnáct centimetrů. Selo se tedy šestašedesát semen na řádek. Následně už jen stačilo označit jednotlivá stanoviště odrůd příslušnými značkami a mohlo se začít s vlastním setím. Označení jednotlivých odrůd bylo uděláno jednoduše pomocí lístečků v zavařovacích sklenicích, přitom bylo pro jistotu pořízeno ještě několik snímků. Pozemek byl ponechán bez zalití a čekalo se na déšť a následné klíčení semen. Rostliny vzcházely postupně, přičemž většina vzešla sedmý den od zasetí. Některé rostliny vzcházely i po delší době. Konopí obecně plevelům dobře konkuruje (Kubánek 2009). Nicméně zde nedlouho po zasetí semen nastal problém se zaplevelením pozemku. Vhodně upravené předseťové lůžko bylo nejen vhodným místem pro klíčení našich rostlin, ale také pro klíčení plevelů, kterých se na rozorané louce v půdní semenné bance vyskytovalo opravdu

značné množství. Jelikož se jedná o malý pozemek, nebyl pokryv půdy rostlinami dostatečný a některé plevely byly schopné dobře konkurovat rychlosti růstu konopí.



Obrázek 3 Urovnaný a zasetý pozemek

4.5.2 Pletí pozemku

Dne 12.6. 2022 se tedy konečně dostalo na pletí pozemku, celý pokusný pozemek byl v obležení plevelů (Obr. 4). Mezi plevely nalezené na pozemku patří merlík (*Chenopodium Album L.*), ředkev (*Raphanus Raphanistrum L.*), opletka (*Falopia convolvus L.*), bažanka (*Mercurialis annua L.*) a pětour (*Galinsoga parviflora Cav.*). Největší problém dělala opletka, která omotávala rostliny konopí a při následném pokusu o vypletí je strhávala na zem.



Obrázek 4 Zaplevelený pozemek

Pletí bylo provedeno ručně (Orb.5) a bylo velmi znatelné, plevelné rostliny se po vypletí nechaly zaschnout v meziřádku, aby nebylo z pozemku odčerpáno mnoho živin. Rostliny se v této fázi růstu měly hodně k světu i přesto, že byly dost limitovány právě přítomnými nežádoucími rostlinami. Po vypletí rostlinám již nic nebránilo v tom, aby ukázali jejich skutečný potenciál.



Obrázek 5 Ruční pletí

4.5.3 Monitoring pozemku

Ukázalo se, že vypletí mělo velice blahodárný účinek na celkový vzrůst rostlin (Obr.6). I když se v oblasti během měsíce dvakrát vyskytovaly kroupy a dosti nepříjemný vítr, tak rostliny rostly jako z vody a do konce měsíce června dosahovaly výšky kolem jednoho metru. Do konce července měly rostliny vzrůst kolem dvou metrů a plevelné rostliny už nepředstavovaly ani nejmenší problém. Ani jiné škodlivé organismy nebyly na rostlinách pozorovány. Nicméně přítomnost slunéček (*Coccinella septempunctata* L.) značí i přítomnost jejich potravy. Každopádně to nemělo žádný dopad na růst rostlin. Pro monitorování pozemku byly nainstalovány i fotopasti (Obr. 6), tento snímek zachycuje rostliny 6.7. 2022.



Obrázek 6 Záznam z fotopasti 06/07/22

4.5.4 Kontrola rostlin

Dne 29.07.2022 byla provedena řádná kontrola zdravotního stavu porostu, kdy byl pořízen snímek (Obr.7) zachycující mě, při kontrole zralosti semen u odrůdy Finola. Odrůda Finola již byla v plném květenství a měla stále spousty semen nedostatečně vyzrálých. Celkově měly rostliny velice kompaktní vzrůst s velikostí okolo jednoho metru. Samčí rostliny této odrůdy už byly na konci své životnosti a začínaly schnout. Byl zde vidět nádherný kontrast mezi odrůdou Finola, která je zaměřená na produkci semen a mezi dalšími odrůdami, které jsou kombinované s větším důrazem na délku vlákna.



Obrázek 7 Kontrola zralosti semen odrůdy Finola

Druhý snímek (Obr.8) je kontrola odrůdy Bialobrzeskie, ta již dosahovala výšky přes dva a půl metrů. Odrůdy Santhica 27 a USO 31 na tom byly dost podobně jako odrůda Bialobrzeskie. Svou velikostí začaly rostliny opravdu překvapovat. Kromě odrůdy Finola, která již měla semena, se i zbývající odrůdy začaly přepínat do květu. Těchto opravdu vysokých rostlin si začalo značně všimnout včelstvo, jehož bzukot byl slyšet na značnou vzdálenost.



Obrázek 8 Rostlina odrůdy Bialobrzzeskie měřící cca 300 cm

4.5.5 Kontrola rostlin

Dne 8.8. 2022 byla provedena další kontrola pozemku, již z dálky bylo patrné zvýšené aktivity včel v okolí celého porostu. Ukázalo se, že samčí rostliny jsou pro včely opravdu velice atraktivní (Obr.9). Bylo to úžasné pozorovat. Nikdy předtím jsem si neuvědomil, jak mohou být i tyto samčí rostliny v přírodě ceněné. Zvýšený zájem včel o konopí se blahodárně projevil také na zbytku zahrady.



Obrázek 9 Samčí rostliny jsou velice atraktivní pro včelstvo

Také vůně, která se od porostu konopí vanula, byla cítit na pěkných pár metrů. Myslím si, že zásluhu na té vůni má hlavně odrůda Finola, které již pomalu začala dozrávat semena. Zároveň byla také přeměřena jedné z krajních rostlin u odrůdy Bialobrzeskie, tato rostlina nyní měřila tři a půl metru (Obr.10). Bylo to opravdu ohromující, vzhledem k tomu, že má ještě dost času do sklizně.



Obrázek 10 Měření výšky Bialobrzeskie 350 cm

Při měření rostlin mi pomáhal otec, který pomocí přiložené latě a metru byl schopen změřit přibližnou výšku rostlin (Obr.10). Rostliny byly opravdu vysoké a bál jsem se polehnoutí celého porostu. Naštěstí se ukázalo, že jsou to rostliny opravdu odolné, a i když neměly mnoho prostoru, tak dokázaly vytvořit dostatečně pevný stonek. Ten dokázal odolat i silnějším poryvům větru.

4.5.6 Kontrola rostlin

Dne 27.8. 2022 byla provedena další kontrola rostlin (Obr. 11), kdy bylo zjištěno, že odrůda Finola je již v plné zralosti semen a bylo tedy nutné přistoupit ke sklizni. Vpředu je nízká odrůda Finola v pozadí zbytek porostu v čele s odrůdou USO 31, je znatelné, že již i ostatní odrůdy jsou v plném květu a květenství začínají nabírat na hmotnosti, stále nás ještě čekalo mnoho dnů do úplné zralosti semen.



Obrázek 11 Odrůda Finola vpředu, těsně před sklizní v pozadí USO 31

4.5.7 Sklizeň odrůdy Finola

Odrůda Finola byla dne 27.8. 2022 již v plné zralosti, proto jsem přistoupil k její sklizni. Sklizeň probíhala ručně pomocí zahradnických pákových nůžek. Rostliny byly stříhány v přibližné vzdálenosti tři centimetry od země. Byla sklizena všechny tři opakování této odrůdy. Následně byly rostliny zváženy. Vážení bylo provedeno mincířem. Po zvážení byly sklizené rostliny označeny štítkem s popisem řádku a odrůdy. Poté byly zavěšeny na zakryté verandě, kde proudilo dostatečné množství vzduchu, aby se předešlo plísním.

4.5.8 Kontrola rostlin

Dne 1.10. 2022 proběhla další kontrola stanoviště (Obr.12). Nešlo si nevšimnout zvýšeného pohybu ptactva v okolí plochy s porostem. Sýkora koňadra (*Parus major L.*) byla velice častým návštěvníkem pěstební plochy. Kromě kočky, kterou přítomnost ptáků na rostlinách nikterak nerozptylovala, nebyla žádná ochrana proti ptactvu zavedena. Jelikož tento pokus nebyl zaměřen na produkci, tak jsem rád ptákům přinesl potěšení z konopných semínek. Rostliny dosahovaly výšky kolem čtyř metrů a prohýbaly se pod tíhou mohutných květenství, která byla plná semen. Bylo jasné, že sklizeň bude provedena v následujícím týdnu. Zjistil jsem tedy, kdy bude příhodné počasí a sklizeň naplánoval.



Obrázek 12 Porost před sklizní

4.5.9 Sklizeň odrůd USO-31, Santhica 27 a Bialobrzeskie

Dne 8.10. 2022 bylo přistoupeno ke sklizni zbývajících odrůd. Rostliny již byly v plné zralosti semen a ptactvo zde pravidelně hodovalo. Na rostlinách bylo již znatelné žloutnutí a následný opad listů. Sklizeň byla provedena pákovými nůžkami ve vzdálenosti přibližně tři centimetry od země.

Sklizené rostliny byly po zvážení označeny štítkem s popisem řádku a odrůdy. Poté byly zavěšeny na zakryté verandě, kde proudí dostatečné množství vzduchu, aby se předešlo vzniku plísní. Předsušené rostliny se následně převezly na zakrytou půdu, kde byly částečně dosušené. Poté se odebraly vzorky potřebné pro laboratorní rozbory.

4.6 Laboratorní stanovení obsahů živin a rizikových prvků

Předsušené vzorky, které byly rozděleny dle odrůd a opakování, byly odvezeny do Prahy na Českou zemědělskou univerzitu, zde byly dosušeny v sušárně Venti Line od společnosti VWR. Vzorky byly dosušeny po dobu deseti hodin při padesáti stupních Celsia. Po opětovném převážení již naprosto suchých vzorků, jsem byl schopen přesně stanovit sušinu. Poté následovalo mletí vzorků. Mletí listů a stonků bylo provedeno snadno pomocí analytického mlýnku IKA od společnosti Verkon. Půda byla rozmělněna v třecí misce a přeseta přes milimetrové síto. Semena se nemlela, protože se pro rozbory používala nepoškozená navážená v cínových nádobkách 6x6x12 mm. Takto připravené vzorky byly uloženy v laboratoři.

4.6.1 Stanovení chemického složení biomasy

Nejprve bylo potřeba jednotlivé vzorky rozložit a převést do roztoku. Z namletých vzorků stonků a listů bylo naváženo 0,4g. Tato navážka byla přidána do teflonových nádobek spolu s

8 ml kyseliny dusičné a 2 ml peroxidu vodíku. Takto připravené nádoby byly vloženy do mikrovlnného přístroje Ethos 1 od společnosti Milestone a byly podrobeny mikrovlnám po dobu 50 minut. Následně byly roztoky přelity do zkumavek a doplněny demineralizovanou vodou, tak aby spolu dávaly 50ml. S takto připravenými vzorky se pokračovalo při rozborech. U vzorků se dělali rozbory FAAS, ICP-OES.

Semena konopí se navážilo 0,15g semene, následně byly rozloženy na roztok pomocí 4 ml kyseliny dusičné a 2 ml peroxidu vodíku, poté byly přelity do 40 ml zkumavek spolu s ultra čistou Milli-Q vodou. Roztok byl analyzován pomocí ICP-MS technologie.

Pro rozbory byla použita analytická technika FAAS (Flame Atomic Absorption Spectroscopy), která se používá k měření koncentrací kovů v roztocích. V této technice se roztok atomizuje a přivede se do plamene, kde dochází k excitaci atomů kovů pomocí záření plamene. Tyto excitované atomy následně emitují charakteristické spektrální linie, které jsou detekovány a použity k určení koncentrace kovů v roztoku (Welz et al. 2008).

Dále bylo použito ICP-OES (Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectroscopy), což je analytická technika, která se používá k určení koncentrace kovů a některých nekovových prvků v roztocích. Tato technika se používá v mnoha oblastech, včetně průmyslu, zemědělství, potravinářství, environmentálních vědách a geologii. ICP-OES funguje na základě interakce mezi vzorkem a plasmou, která se vytváří v induktivně spojeném plazmatu. Když se vzorek vstříkne do plazmy, dojde k ionizaci a excitaci atomů a molekul. Tyto excitované atomy a molekuly se poté vrátí do základního stavu a uvolní energii ve formě světla, které je měřeno spektrometrem. V důsledku toho je spektrometrem detekován spektrum charakteristické pro prvky, které byly přítomny ve vzorku. Intenzita jednotlivých vlnových délek světla je pak přímým ukazatelem koncentrace jednotlivých prvků (Welz et al. 2008). Použitý přístroj byl od společnosti Agilent Technologies 700 Series ICP-OES.

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) je výkonná analytická technika používaná k určení elementárního složení vzorku. Je založena na ionizaci atomů nebo molekul ve vzorku, následované jejich separací a detekcí na základě poměru hmotnosti a náboje.

CHNS – macro cube analýza je chemická technika používaná k určení obsahu uhlíku (C), vodíku (H), dusíku (N) a síry (S) v organických materiálech, jako jsou bílkoviny, cukry, tuky a další organické sloučeniny. Při CHNS analýze se vzorek nejprve spálí při vysoké teplotě v přítomnosti kyslíku, čímž se uvolní oxidy uhlíku, vodíku, dusíku a síry. Tyto plyny se poté oddělí a zpracují pomocí různých metod, včetně plynové chromatografie a spektroskopie (Fadeeva et al. 2008).

4.6.2 Stanovení chemických vlastností půdy

U vzorků půd se stanovila hodnota půdní reakce. Odvážilo se 5g půdy a přililo se 25ml roztoku CaCl₂. Takto připravené vzorky se umístily na hodinu do třepačky, poté se nechaly další hodinu odstát. Poté se pomocí ionometru pH/ION 340i od společnosti WTW stanovila hodnota pH. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tab.5), pohybovaly se v neutrálních hodnotách.

Rozbor půdy na obsah živin i na obsah těžkých kovů byl proveden pomocí lučavky královské a přístroje Ethos 1 od společnosti Milestone. Lučavka královská je dýmavá

žlutohnědá kapalina používaná pro rozpouštění obtížně rozpustných prvků a vzácných kovů. Jde o směs koncentrované kyseliny dusičné a kyseliny chlorovodíkové v poměru 1:3. Do teflonových nádobek se odvážílo přibližně 0,45g zeminy a přidalo se 20ml lučavky královské. Nádobky byly poté umístěny do přístroje Ethos 1, kde byly vystaveny teplotě 140 °C a mikrovlnám po dobu 50 minut. Pak následovalo chladnutí a odpařování. Následně se vzorky přelily do zkumavek, tak aby spolu s demineralizovanou vodou dávaly 20ml. Vzorky byly následně analyzovány pomocí ICP-OES neboli emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, což je stopová analytická metoda sloužící ke stanovení obsahu stopových i významných koncentrací jednotlivých prvků v analyzovaném vzorku.

Při rozborech půdy na obsahy přístupných živin se použila metoda Mehlich 3. Mehlich 3 je roztok extrahující živiny ze vzorků půdy, který se používá ke stanovení dostupného obsahu živin. Jedná se o víceúčelový extrahující roztok, který lze použít k určení dostupné koncentrace různých živin. Mehlich 3 se skládá ze směsi kyseliny octové a chlorovodíkové (Mehlich 1984). Odvážílo se 3g půdy a přililo se 30ml extrakčního činidla připraveného dle metodiky. Takto připravené vzorky byly třepány po dobu 5 minut. Následně byly vloženy do centrifugy a 7 minut odstředovány. Poté se do zkumavek oddělil roztok od zbytků usazené zeminy. Zkumavky s roztokem byly podrobeny analýze na obsahy živin pomocí emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES), což je stopová analytická metoda sloužící ke stanovení obsahu stopových i významných koncentrací jednotlivých prvků v analyzovaném vzorku (Čermák et al. 1999).

4.7 Použité statistické metody

Pro statistické vyhodnocení naměřených výsledků byl použit statistický program STATISTIKA 12. Použita byla statistická metoda ANOVA. One-way ANOVA je statistická metoda používaná k porovnání průměrů tří nebo více skupin, které jsou spojeny s jedním nezávislým proměnným faktorem. Účelem této zkoušky je zjistit, zda existuje významný rozdíl mezi průměry skupin. Nulová hypotéza pro jedno výběrovou ANOVA je, že všechny průměry skupin jsou stejné, zatímco alternativní hypotéza je, že alespoň jeden průměr skupiny se liší od ostatních. Test spočívá ve výpočtu F-hodnoty, což je poměr variance mezi skupinami a variance uvnitř skupin. Pokud je F-hodnota větší než kritická hodnota při určité hladině významnosti (zvoleno 0,05), pak je nulová hypotéza zamítnuta a závěrem je, že alespoň jeden průměr skupiny se významně liší od ostatních.

Tukey HSD (Honestly Significant Difference) test, také nazývaný Tukeyova metoda, je statistická metoda používaná k identifikaci párů skupin, které mají významné rozdíly mezi svými průměry v rámci jedné analýzy variance (ANOVA). Tento test se často používá jako post-hoc test po provedení ANOVA, aby se určily konkrétní rozdíly mezi skupinami. Tukeyho HSD test vypočítává konfidenční intervaly pro rozdíly mezi průměry všech párů skupin a porovnává tyto intervaly s prahovou hodnotou. Pokud je absolutní hodnota rozdílu mezi průměry skupin větší než prahová hodnota, znamená to, že existuje statisticky významný rozdíl mezi průměry těchto skupin. Výhodou Tukey HSD testu je, že kontroluje chybu prvního druhu s ohledem na počet porovnání. Tím se zabraňuje zvýšení celkové hladiny významnosti (Anděl 2005).

5 Výsledky

5.1 Hmotnost biomasy

Odrůda Finola byla sklizena dne 27.8. 2022. V prvním řádku (Obr.11), který je nejbližší plotu, bylo sklizeno celkem 33 rostlin, které celkem vážily 7,00 kg čerstvé biomasy. V řádku druhém se nacházelo rostlin 27 o celkové hmotnosti 5,32kg. V řádku třetím bylo sklizeno 29 rostlin, které dohromady vážily 8,24 kg čerstvé biomasy. Nejvyšší podíl na hmotnosti u této odrůdy tvořilo semeno. Průměrná čerstvá hmotnost nadzemní biomasy jedné rostliny je 0,23 kg. Průměrná hmotnost suché nadzemní biomasy jedné rostliny je 0,08 kg. Jedno opakování mělo průměrně 30 rostlin. Průměrná hmotnost jednoho sklizeného opakování je 6,87 kg čerstvé biomasy, směrodatná odchylka je 1,46 kg (Tab. 2). Po uschnutí vážilo jedno opakování průměrně 2,34 kg suché biomasy, směrodatná odchylka jednoho opakování v suchém stavu je 0,33 kg (Tab. 3).

Dne 8.10. 2022 byly sklizeny i všechny ostatní odrůdy konopí. Odrůda USO-31 při sklizni měla v prvním řádku 52 rostlin o celkové hmotnosti 20,4 kg čerstvé biomasy. V řádku druhém se nacházelo 55 rostlin o celkové čerstvé hmotnosti 23,1 kg. V řádku třetím bylo 59 rostlin o celkové čerstvé hmotnosti 23,5 kg. Průměrná hmotnost čerstvé hmoty na jednu rostlinu je 0,4 kg. Průměrná hmotnost suché nadzemní biomasy jedné rostliny je 0,13 kg. Jedno opakování mělo průměrně 55 rostlin. Průměrná hmotnost jednoho sklizeného opakování je 22,34 kg čerstvé biomasy, směrodatná odchylka je 1,75 kg (Tab. 2). Po uschnutí vážilo jedno opakování průměrně 7,12 kg suché biomasy, směrodatná odchylka jednoho opakování v suchém stavu je 0,74 kg (Tab. 3).

Odrůda Bialobrzieskie měla na prvním řádku 25 rostlin o celkové hmotnosti 18,5 kg čerstvé biomasy. Na řádku druhém bylo 22 rostlin o hmotnosti 12,0 kg. Ve třetím řádku bylo napočítáno 27 rostlin o celkové čerstvé hmotnosti 18,2 kg. Zároveň zde byla naměřena nejvyšší rostlina celého pokusu a to 420 cm (Obr.8 a Obr.10). Průměrná hmotnost čerstvé hmoty na jednu rostlinu je 0,66 kg. Průměrná hmotnost suché nadzemní biomasy jedné rostliny je 0,25 kg. Jedno opakování mělo průměrně 25 rostlin. Průměrná hmotnost jednoho sklizeného opakování je 16,24 kg čerstvé biomasy, směrodatná odchylka je 3,30 kg (Tab. 2). Po uschnutí vážilo jedno opakování průměrně 6,16 kg, směrodatná odchylka jednoho opakování v suchém stavu je 1,54 kg (Tab. 3). Takto vysoká směrodatná odchylka je způsobena opakováním číslo 2, které se nacházelo ve středu, mezi opakováním 1 a 3, sem dopadalo nejméně světla a byl zde i znatelně menší výnos.

Při sklizni odrůdy Santhica 27 bylo na prvním řádku napočítáno 25 rostlin o celkové hmotnosti 14 kg čerstvé biomasy. Na řádku druhém se nacházelo rostlin 47 o celkové čerstvé hmotnosti 27,2 kg. Na řádku třetím se nacházelo 58 rostlin o celkové hmotnosti 33,9 kg čerstvé biomasy. Průměrná hmotnost čerstvé hmoty na jednu rostlinu je 0,58 kg. Průměrná hmotnost suché nadzemní biomasy jedné rostliny je 0,22 kg. Jedno opakování mělo průměrně 43 rostlin. Průměrná hmotnost jednoho sklizeného opakování je 25,013 kg čerstvé biomasy, směrodatná odchylka je 8,28 kg (Tab. 2). Po uschnutí vážilo jedno opakování průměrně 9,39 kg suché nadzemní biomasy, směrodatná odchylka jednoho opakování v suchém stavu je 2,60 kg (Tab. 3). Vysoká hodnota směrodatné odchylky je způsobena nízkými výnosy prvního opakování.

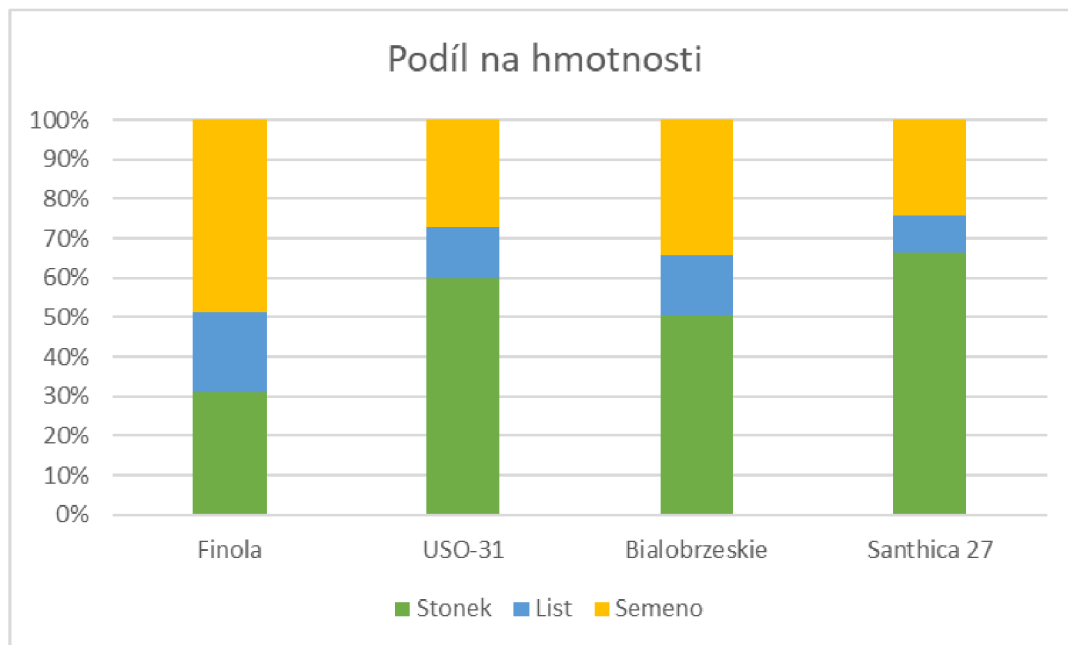
Předpoklad, že odrůdy (USO-31, Santhica 27, Bialobrzeskie, Finola) pěstované na rozorané louce budou dobře zvládat specifické podmínky a vytvoří dostatečné množství biomasy, byl zcela správný. Také se nám potvrdil předpoklad odlišné tvorby nadzemních částí biomasy u testovaných odrůd konopí. Výnos suché nadzemní biomasy odrůdy Finola, která byla sklizena jako první byl 4,67 t/ha. U této odrůdy zaujímalo největší podíl semeno, kterého bylo sklizeno 2,26 t/ha. Po dalších dvou týdnech následovala sklizeň ostatních odrůd konopí, u kterých zaujímal největší podíl na hmotnosti stonků. Z těchto pozdějších odrůd byla nejvíce výnosná odrůda Santhica 27, která dosahovala celkového výnosu suché nadzemní biomasy 18,78 t/ha. Následovala odrůda USO-31, která dosáhla výnosu 14,24 t/ha a odrůda Bialobrzeskie s výnosem 12,31 t/ha suché nadzemní biomasy.

Tabulka 2 Hmotnost jednotlivých částí čerstvé biomasy dle odrůd a opakování (g/opakování)

Čerstvá biomasa	stonek	list	semeno	celkem
Odrůda a opakování	(g)	(g)	(g)	(g)
Finola1	2548	1184	3264	6996
Finola2	1807	1096	2416	5319
Finola3	2008	1896	4332	8236
Aritmetický průměr	2121	1392	3337	6850
Směrodatná odchylka	313	358	784	1455
Čerstvá biomasa	stonek	list	semeno	celkem
Odrůda a opakování	(g)	(g)	(g)	(g)
Uso-311	12621	2972	4843	20436
Uso-312	13094	3167	6839	23100
Uso-313	14345	2749	6388	23482
Aritmetický průměr	13353	2963	6024	22339
Směrodatná odchylka	727	171	855	1753
Čerstvá biomasa	stonek	list	semeno	celkem
Odrůda a opakování	(g)	(g)	(g)	(g)
Bialobrzeskie1	9855	2572	6098	18525
Bialobrzeskie2	6572	1709	3709	11990
Bialobrzeskie3	8125	3090	6982	18198
Aritmetický průměr	8184	2457	5597	16238
Směrodatná odchylka	1341	570	1383	3293
Čerstvá biomasa	stonek	list	semeno	celkem
Odrůda a opakování	(g)	(g)	(g)	(g)
Santhica271	9221	1251	3528	14000
Santhica272	17704	2534	6928	27166
Santhica273	22952	3178	7742	33872
Aritmetický průměr	16626	2321	6066	25013
Směrodatná odchylka	5657	801	1825	8283

Po uschnutí byly jednotlivé části rostlin opětovně zváženy a výsledky zapsané do tabulky (Tab.3). Je zde patrná výrazná odlišnost odrůdy Finola od ostatních odrůd (Obr.13). Této odrůdě zhruba 50% hmotnosti tvořilo semeno. Zbytek hmotnosti byl tvořen z 30 % stonkem a

20 % listy. Zatímco u odrůd ostatních, které jsou zaměřeny na produkci vlákna, vedl v podílu na hmotnosti stoněk. Největší podíl na hmotnosti tvořil stoněk u odrůdy Santhica 27 přibližně 66 %. U odrůdy USO 31 byl podíl stonku 60 % a u odrůdy Bialobrzeskie pouze 56 %. Semeno se u těchto odrůd podílelo na hmotnosti pouze přibližně 1/3 váhy. Nejmenší podíl listů měla odrůda Santhica 27 pouze 9 % z její hmotnosti. Sušina u odrůd byla v průměru 36 %.



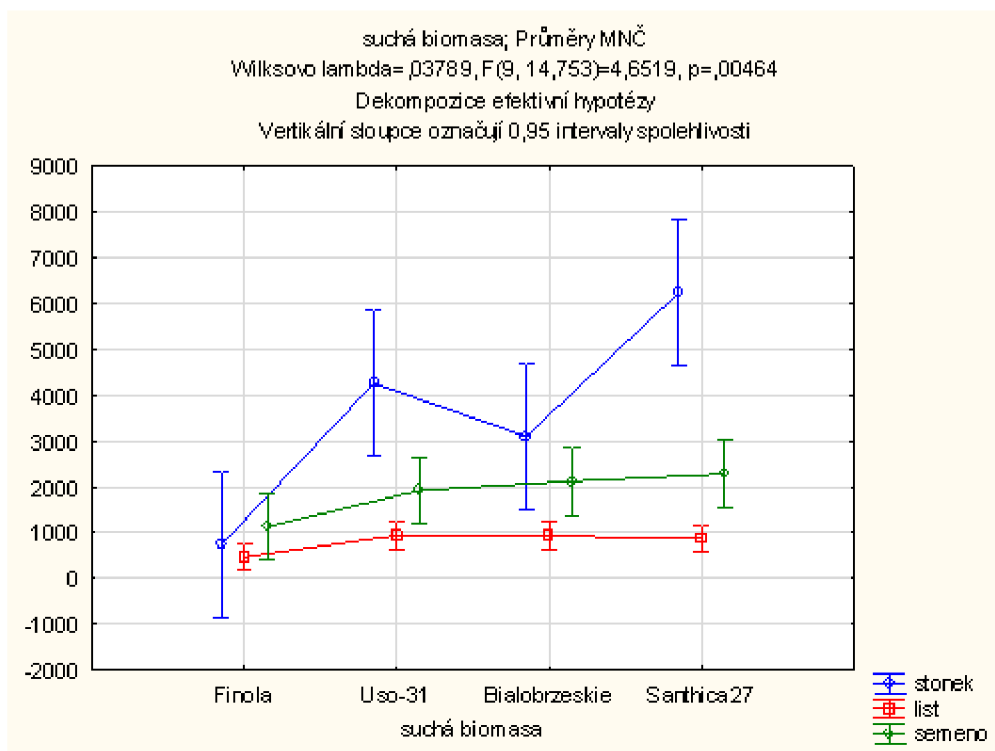
Obrázek 13 Podíl jednotlivých částí rostlin konopí na tvorbě jejich suché hmotnosti

V grafu jsou vyhodnoceny podíly jednotlivých částí rostliny na celkové nadzemní hmotnosti u jednotlivých odrůd konopí. Semena tvořila největší podíl na hmotnosti u odrůdy Finola (Obr.13). Naproti tomu stoněk zase u odrůdy Santhica 27, která byla celkově nejproduktivnější odrůdou, pro pěstování v našich konkrétních podmínkách.

Tabulka 3 Hmotnost jednotlivých částí suché biomasy dle odrůd a opakování (g/opakování)

Suchá biomasa	stonek	list	semeno	celkem
Odrůda a opakování	(g)	(g)	(g)	(g)
Finola1	922	428	1181	2532
Finola2	709	430	948	2087
Finola3	585	553	1262	2400
Aritmetický průměr	739	470	1130	2340
Směrodatná odchylka	139	58	133	331
Suchá biomasa	stonek	list	semeno	celkem
Odrůda a opakování	(g)	(g)	(g)	(g)
Uso-311	3841	904	1474	6219
Uso-312	4185	1012	2186	7383
Uso-313	4744	909	2113	7766
Aritmetický průměr	4257	942	1924	7123
Směrodatná odchylka	372	50	320	742
Suchá biomasa	stonek	list	semeno	celkem
Odrůda a opakování	(g)	(g)	(g)	(g)
Bialobrzeskie1	3944	1029	2441	7414
Bialobrzeskie2	2257	587	1274	4117
Bialobrzeskie3	3097	1178	2662	6937
Aritmetický průměr	3099	931	2125	6156
Směrodatná odchylka	689	251	609	1549
Suchá biomasa	stonek	list	semeno	celkem
Odrůda a opakování	(g)	(g)	(g)	(g)
Santhica271	3913	531	1497	5940
Santhica272	6553	938	2565	10056
Santhica273	8257	1143	2785	12185
Aritmetický průměr	6241	871	2282	9394
Směrodatná odchylka	1787	255	563	2604

Na základě výsledků (Tab. 3) jsme provedli jednofaktorovou analýzu variance (ANOVA), abychom zjistili, zda jsou mezi odrůdami signifikantní rozdíly v hmotnosti suché biomasy.



Obrázek 14 ANOVA test hmotností nadzemních částí suché biomasy (g)

Po testu ANOVA (Obr. 14) následoval Tukey HSD test, který nám ukázal, kde jsou statisticky významné rozdíly v hmotnostech nadzemních částí suché biomasy. Ukázalo se, že proměnné semeno a list nemají žádný statisticky významný rozdíl mezi odrůdami. Z Tukeyova HSD testu pro proměnnou stonek nám vyšlo, že odrůda Finola má významně menší hmotnost stonku, než odrůdy USO-31 a Santhica 27, nicméně se neliší od odrůdy Bialobrzeskie. Odrůda Santhica 27 má významně větší hmotnost, než odrůdy Finola a Bialobrzeskie. Co se týče biomasy čerstvé, tak zde to vypadalo podobně. Statisticky významný rozdíl mezi odrůdami byl pouze u stonku. Odrůda Finola měla menší hmotnost stonku, než odrůdy USO-31 a Santhica 27, nicméně ani zde se hmotnost stonku nelišila od odrůdy Bialobrzeskie.

Podrobné výsledky všech provedených Tukey HSD testů nalezneme v přílohách.

5.2 Stanovení obsahů živin a rizikových prvků v půdě

Tabulka 4 Naměřené hodnoty pH půdy před setím a po sklizni konopí dle jednotlivých odrůd

Vzorek půdy	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie	Původní vzorek
pH	7,04	7,18	6,81	7,16	7,17

Tabulka (Tab.4) prezentuje naměřené hodnoty pH v půdě. Vidíme zde naměřenou hodnotu pH pro původní vzorek půdy a pro vzorky půdy odebrané po sklizni, dle jednotlivých odrůd. Vzorky mají vesměs stejnou hodnotu, kromě půdy odebrané pod odrůdou Santhica 27. Tato odrůda měla nevyšší výnos a půda pod ní měla hodnotu pH nejnižší. Nižší hodnota pH by mohla být způsobena sekáním travní směsi na pozemku úzce sousedícím s odrůdou Santhica 27. Dle kritérií pro hodnocení půdní reakce ÚKZÚZ je půdní reakce neutrální od 6,6 do 7,2 hodnoty pH.

Tabulka 5 Preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou (mg/kg sušiny), (Vyhláška č. 153 /2016 Sb. z 9.5. 2016).

Preventivní hodnota potenciálně rizikových prvků (mg/kg) pro běžné půdy a výluh lučavkou královskou						
As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
20	0,5	90	60	50	60	120

Dle vyhlášky č. 153/2016 Sb. (Tab.5) byla stanovena nadlimitní koncentrace As ve všech případech oproti preventivní i indikační hodnotě 20 a 40 (mg.kg⁻¹ sušiny) a mírně nadlimitní koncentrace Cd oproti preventivní hodnotě 0,5 (mg.kg⁻¹ sušiny). Ostatní rizikové prvky jsou pod zákonem stanovenou preventivní hodnotu.

Tabulka 6 Celkový obsah potenciálně rizikových prvků (mg/kg) v půdě extrahovaný lučavkou královskou

Vzorky půd	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie	Původní půda
Lučavka	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
As	73,60±0,60	77,50±0,25	72,80±1,50	74,00±1,70	69,20±0,43
Cd	0,480±0,01	0,490±0,04	0,520±0,02	0,520±0,02	0,500±0,02
Cr	28,75±0,45	29,55±0,05	33,10±0,50	31,75±0,05	29,20±0,26
Cu	22,25±0,25	22,70±0,30	22,95±0,35	22,45±0,45	22,10±0,28
Fe	41955±187	44054±647	43306±432	41993±643	41509±417
Mn	457,5±2,50	437,5±10,5	509,5±12,5	471,5±2,50	456,0±6,50
Ni	19,60±0,20	19,45±0,05	20,15±0,45	19,40±0,80	19,10±0,13
Pb	23,10±0,20	23,35±0,55	24,00±0,40	23,80±1,20	23,70±0,40
Zn	57,50±0,10	56,40±1,70	66,50±0,50	60,45±0,65	60,60±0,75

V (Tab.6) je zaznamenán obsah potencionálně rizikových prvků v půdě před setím a po sklizni ve výluhu lučavky královské. Téměř ve všech případech vidíme nepatrné zvýšení obsahů těchto prvků po dokončení sklizně. Z toho se dá dedukovat, že kořenové exsudáty rostlin uvolnily relativně pevně vázané potenciálně rizikové prvky. Obsah arsenu v půdě je zvýšen ve všech případech. U ostatních prvků se naměřené hodnoty pohybují v přibližně stejné hladině jako v původním vzorku půdy. Pokud porovnáme odrůdy mezi sebou, tak můžeme vidět, že odrůda Santhica 27, která měla výnos nejvyšší, má nejnižší koncentrace arsenu v půdě, avšak u ostatních prvků má koncentrace nejvyšší. Nejlepších výsledků zde dosahovala odrůda USO-31, která oproti ostatním odrůdám měla koncentrace rizikových prvků v půdě nižší. Po provedení Tukeyova HSD testu zjišťujeme, že v prvku As je statisticky významný rozdíl mezi odrůdou Finola, která má obsah arsenu vyšší a původním vzorkem půdy. Pro prvek Cr existují statisticky významné rozdíly mezi odrůdami. Bialobrzeskie a Santhica 27 mají vyšší koncentrace chromu než odrůdy Finola, USO-31 a původní vzorek půdy. Pro prvek Mn se existuje statisticky významný rozdíl mezi odrůdami Santhica 27, která má koncentraci manganu značně vyšší než odrůdy Finola, USO-31 a původní vzorek půdy. U prvku Cd, Cu, Ni a Pb neexistuje žádný statisticky významný rozdíl mezi odrůdami. Pro prvek Zn existuje statisticky významný rozdíl mezi odrůdou Santhica 27 a všemi ostatními případy, Santhica 27 zde dosahuje nejvyšších hodnot.

Tabulka 7 Celkové obsahy živin (mg/kg) v půdě extrahované lučavkou královskou

Vzorky půd Lučavka	USO-31 (mg/kg)	Finola (mg/kg)	Santhica 27 (mg/kg)	Bialobrzeskie (mg/kg)	Původní půda (mg/kg)
K	3399±19,0	3349±24,5	3825±8,50	3753±91,5	3388±17,3
B	17,10±0,30	16,30±0,10	17,90±0,30	17,50±0,20	15,90±0,20
Ca	55198±169,5	59425±392,5	47610±57,0	62445±1019	53575±206
Mg	3540±2,00	3492±39,0	4015±4,00	3807±98,0	3584±15,0
P	1390±4,50	1369±17,0	1399±11,5	1392±20,0	1319±10,8
S	1171±2,00	1193±19,0	1111±3,50	1132±7,50	1086±8,00

V (Tab.7) je zaznamenán celkový obsah živin v půdě po rozboru pomocí lučavky královské. Téměř ve všech případech vidíme zvýšení obsahů těchto prvků po dokončení sklizně. Za což by mohly být zodpovědné kořeny, které na stanovišti zůstaly i po sklizni biomasy. Tam, kde byl vysoký výnos nadzemní biomasy se dá přepokládat i velké množství kořenů a tím by mohl celkový obsah prvků vzrůst. Dle výsledků Tukeyova HSD testu jsme zjistili statisticky významné rozdíly pro prvek B, kde se liší půda odrůdy Santhica 27, která má obsah tohoto prvku nejvyšší, s půdou odrůdy Finola a původní půdou. Pro prvek Ca se našel rozdíl mezi všemi hodnotami, kromě půdy odrůdy USO-31 a původní půdy. Odrůda Santhica 27, která měla nejvyšší výnos, zde dosahovala nejnižších hodnot, tudíž se dá předpokládat, že odčerpala znatelně více vápníku než odrůdy ostatní. Obsah K v půdách se lišil u odrůdy Santhica 27, která ho měla v půdě nejvíce a půdami odrůd USO -31, Finola a původním vzorkem půdy. Prvku Mg obsahovala nejvíce půda odrůdy Santhica 27, byl zde znatelný rozdíl oproti odrůdám USO-31, Finola i původnímu vzorku půdy. Pro prvek P byl nalezen rozdíl v obsahu v půdě odrůdy Santhica 27 a původní půdou. Pro obsah S v půdě byl nalezen statisticky významný rozdíl pro odrůdu Finola, která má obsah S nejvyšší a odrůdami Santhica 27, Bialobrzeskie a původním vzorkem půdy. Dále zde byl nalezen rozdíl mezi odrůdou USO-31, Santhica 27 a původní půdou.

Tabulka 8 Obsahy potenciálně rizikových prvků (mg/kg) v půdě po výluhu roztokem Mehlich3

Vzorky půd Mehlich 3	USO-31 (mg/kg)	Finola (mg/kg)	Santhica 27 (mg/kg)	Bialobrzeskie (mg/kg)	Původní půda (mg/kg)
As	0,300±0,25	0,330±0,28	0,360±0,31	0,050±0,05	0,310±0,26
Cd	0,088±0,00	0,089±0,02	0,104±0,00	0,074±0,02	0,110±0,00
Cr	0,050±0,05	0,050±0,05	0,050±0,05	0,042±0,04	0,050±0,05
Cu	1,912±0,20	2,022±0,12	2,132±0,02	2,026±0,09	2,439±0,07
Fe	37,01±5,46	45,60±0,06	35,41±1,76	36,81±2,60	41,05±1,58
Mn	18,43±2,23	20,88±0,05	21,35±0,66	19,93±1,10	23,70±1,34
Ni	0,653±0,11	0,625±0,02	0,780±0,05	0,561±0,04	0,706±0,01
Pb	3,207±0,37	3,592±0,22	3,823±0,12	3,356±0,18	4,030±0,77
Zn	1,734±0,14	1,725±0,08	1,523±0,00	2,062±0,01	1,543±0,77

V (Tab.8) jsou uvedeny obsahy potenciálně rizikových prvků změřené dle metody Mehlich 3. Oproti hodnotám naměřených na původním vzorku, si můžeme povšimnout poklesu koncentrací rizikových prvků téměř ve všech případech. To značí částečnou remediaci plochy po provedení práce. Na základě Tukeyova HSD testu zjistíme, že statisticky významný rozdíl

byl nalezen pouze u prvku As. Nacházíme odlišnost mezi odrůdou Santhica 27, která měla tohoto prvku v půdě nejvíce a odrůdami USO-31 a Finola. Dále mezi odrůdou USO-31, kde byla koncentrace vyšší než pro odrůdu Bialobrzeskie a původní vzorek půdy. Dále byl zjištěn rozdíl mezi odrůdou Finola a obsahem arsenu u původního vzorku půdy.

Tabulka 9 Obsahy přístupných živin v půdě (mg/kg) po výluhu roztokem Mehlich3

Vzorky půd Mehlich 3	USO-31 (mg/kg)	Finola (mg/kg)	Santhica 27 (mg/kg)	Bialobrzeskie (mg/kg)	Původní půda (mg/kg)
K	100,8±15,8	93,33±3,01	75,48±3,00	89,19±8,70	117,0±3,25
Al	13,93±13,8	0,050±0,05	44,29±1,70	0,050±0,05	0,050±0,05
Ca	7216±24,8	7550±29,2	7229±1,76	7085±393	7348±284
Mg	145,3±24,0	166,2±3,16	119,8±7,68	140,5±12,6	159,7±5,82
P	10,23±0,59	8,252±0,26	12,70±0,91	7,457±0,23	7,751±0,72
S	9,381±0,84	4,917±0,09	16,97±0,88	10,75±1,01	6,750±0,23

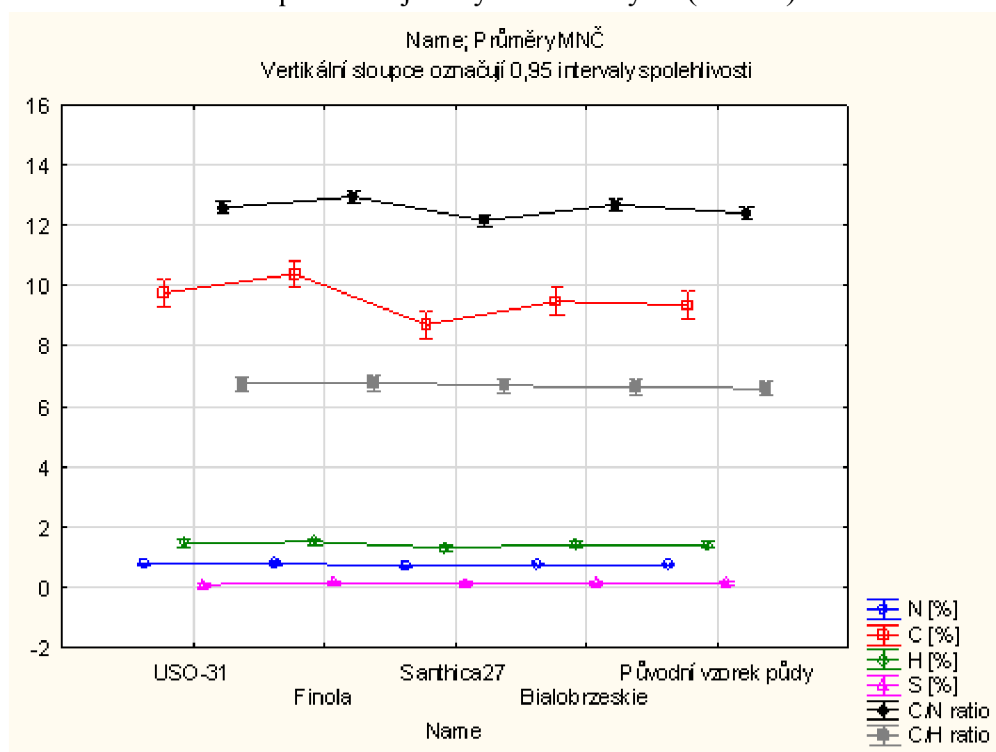
Z (Tab. 9) jsou patrné obsahy přístupných prvků v půdě, po výluhu roztokem Mehlich 3. Původní vzorek půdy byl odebrán z pozemku ještě před jeho hnojením. Můžeme si povšimnout, že oproti původnímu vzorku půdy, byly z pozemku odčerpány živiny téměř ve všech případech. Odrůda Finola, která dozrála a byla sklizena jako první, měla znatelně menší obsah síry oproti zbývajícím odrůdám a zároveň měla nejvyšší obsah železa a hořčíku v půdě. Odrůda Bialobrzeskie, jejíž výnos byl druhý nejmenší a měla nejvyšší rostlinu na celém pozemku, měla nejmenší obsah vápníku a fosforu v půdě. Odrůda Santhica 27, která měla výnos nejvyšší, pravděpodobně odčerpala nejvíce draslíku a hořčíku z půdy. Zároveň však její půda obsahovala největší obsah fosforu a síry. Po provedení Tukeyova HSD testu bylo zjištěno, že existuje statisticky významný rozdíl v obsahu přístupných živin v půdě. Pro prvek P se našel rozdíl mezi odrůdou Santhica 27, která ho obsahovala nejvíce a odrůdami Bialobrzeskie, Finola a původním vzorkem půdy. Nakonec byl pro obsah S nalezen rozdíl mezi odrůdou Santhica 27, která ho obsahovala nejvíce a ostatními vzorky půd. Půda odrůdy Finola obsahovala S nejméně a tím se lišila od ostatních půd.

Pokud výsledky (Tab. 9) porovnáme s průměrnými hodnotami přístupných živin v půdě v České republice, dle hodnocení ÚKZÚZ, tak zjistíme, že naměřená zásoba fosforu je hodně pod průměrnou hodnotou, která je 90 mg/kg. V případě draslíku je průměrný obsah v půdě na území České republiky 252 mg/kg, což je také mnohem více, než bylo naměřeno na sledovaném pozemku. Obsah hořčíku je v průměru 196 mg/kg, pro kraj Pardubický, kde se sledovaná plocha nachází je průměr 146 mg/kg, což už odpovídá i naměřeným hodnotám. Co se týče vápníku, tak jeho průměrná hodnota v České republice je 2 965 mg/kg, při průměrném pH 6,1. Průměrný obsah síry je 15,5 mg/kg, což je také vyšší koncentrace oproti sledované ploše. Dle kritérií pro hodnocení agrochemických rozborů půd bylo zjištěno, že obsah fosforu, draslíku a síry je nízký, obsah hořčíku je vyhovující. Co se týče mikroelementů, tak obsah mědi v půdě je dobrý, obsah zinku, manganu a železa je nízký. Nízké obsahy živin v půdě napovídají, že půda byla mnoho let extenzivně využívána a nebylo zde provedeno téměř žádné hnojení.

Tabulka 10 Obsah dusíku, uhlíku, vodíku a síry (%) v půdě po rozbořech pomocí CHNS macro cube analýzou včetně poměrů C/N a C/H

CHNS – Půda	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie	Původní půda
N [%]	0,78±0,03	0,79±0,01	0,72±0,01	0,75±0,01	0,74±0,02
C [%]	9,77±0,37	10,4±0,01	8,71±0,08	9,48±0,09	9,36±0,03
H [%]	1,45±0,07	1,50±0,03	1,30±0,04	1,43±0,02	1,39±0,03
S [%]	0,09±0,05	0,15±0,01	0,12±0,01	0,13±0,01	0,12±0,02
C/N ratio	12,6±0,01	12,9±0,01	12,2±0,16	12,7±0,03	12,4±0,07
C/H ratio	6,73±0,05	6,79±0,03	6,68±0,15	6,64±0,14	6,59±0,02

Z tabulky (Tab.10), kde jsou uvedeny celkové obsahy N, C, H, a S v půdě. Pokud naměřené hodnoty porovnáme s hodnotami průměrnými pro Českou republiku, dle hodnocení ÚKZÚZ, tak zjistíme, že obsah uhlíku ve sledované půdě je více jak třikrát vyšší než průměrná hodnota uhlíku v půdě v České republice, která je od 1 do 2 %. Obsah uhličitánů v půdě je tedy velmi vysoký. Navíc bude plocha o množství uhlíku v půdě obohacena, protože zde zůstaly kořeny rostlin po sklizni. Obsah dusíku v půdách ČR je většinou v rozmezí od 0,03 do 0,5 %, obsah dusíku na sledovaném pozemku je tedy znatelně vyšší (Tab.10).



Obrázek 15 ANOVA test pro obsahy uhlíku, dusíku, vodíku a síry v půdě (%)

Po provedení ANOVA testu (Obr. 15) zjišťujeme statisticky signifikantní rozdíly mezi obsahy uhlíku v půdě. Po provedení Tukeyova HSD testu zjistíme, že odrůda Finola má nejvyšší obsah uhlíku a tím se významně liší od odrůdy Santhica 27 a původního vzorku půdy. Odrůda Santhica 27, která má uhlíku v půdě nejméně se významně liší od odrůdy USO-31. Podobný rozdíl můžeme pozorovat v poměru C/N. Kde se odrůda Finola liší od odrůdy Santhica 27 a původního vzorku půdy a odrůda Santhica 27 se liší od odrůdy Bialobrzeskie. Dalo by se

předpokládat, že odrůda Santhica 27, která má obsahy v půdě nejmenší a vytvořila nejvyšší výnos, odčerpala z půdy více uhlíku a dusíku.

5.3 Výsledky stanovení obsahů živin a rizikových prvků v biomase

5.3.1 Obsahy živin a rizikových prvků ve stoncích konopí

Tabulka 11 Obsah potenciálně rizikových prvků (mg/kg) ve stonku

FAAS+ICP Stonek	USO-31 mg/kg	Finola mg/kg	Santhica 27 mg/kg	Bialobrzeskíe mg/kg
As	0,030±0,00	0,030±0,00	0,030±0,00	0,030±0,00
Cd	0,001±0,00	0,001±0,00	0,001±0,00	0,001±0,00
Cr	0,005±0,00	0,005±0,00	0,005±0,00	0,005±0,00
Cu	1,230±0,16	1,640±0,36	1,300±0,07	1,770±0,81
Fe	13,62±4,20	22,80±5,58	9,655±0,64	12,26±3,70
Mn	0,627±0,29	1,414±0,69	0,646±0,30	0,706±0,50
Mo	0,005±0,00	0,005±0,00	0,005±0,00	0,005±0,00
Ni	0,005±0,00	0,235±0,00	0,005±0,00	0,005±0,00
Pb	0,020±0,00	0,020±0,00	0,020±0,00	0,020±0,00
Zn	1,680±0,87	3,890±1,33	1,270±0,27	1,870±0,82

V (Tab. 11) vidíme obsahy potenciálně rizikových prvků ve stonku rostlin. Vidíme, že ve stoncích rostlin se nachází menší obsahy potenciálně rizikových prvků, než v listech a semenech. Dle výsledků testu ANOVA zjistíme, že mezi odrůdami existuje statisticky významný rozdíl. Na základě post-hoc Tukeyova HSD testu zjišťujeme, že rozdíl je pouze v obsahu Fe ve stonku mezi odrůdami Santhica 27, která obsahuje železa nejméně a odrůdou Finola, která má koncentraci železa nejvyšší.

Tabulka 12 Celkový obsah živin (mg/kg) ve stoncích konopí

Stonek FAAS+ICP	USO-31 (mg/kg)	Finola (mg/kg)	Santhica 27 (mg/kg)	Bialobrzeskíe (mg/kg)
K	3984±229	5822±685	7621±2059	5294±709
Al	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00
B	5,892±1,37	5,950±0,73	5,290±0,23	4,898±0,70
Ca	5106±1322	5506±1517	4252±953	3843±727
Mg	679,9±230	666,7±140	508,4±146	614,5±302
P	168,2±69,0	234,9±101	145,6±39,0	208,6±102
S	291,3±36,0	323,2±88,0	242,9±32,0	248,5±55,0

V (Tab. 12) můžeme vidět celkové obsahy živin ve stoncích rostlin, dle jednotlivých odrůd. Koncentrace živin ve stonku je nejnižší v porovnání se semenem a listem. Po provedení testu ANOVA potvrzujeme nulovou hypotézu, že u odrůd neexistují statisticky významné rozdíly. A zamítáme alternativní hypotézu, že u odrůd existují statisticky významné rozdíly v koncentracích přístupných živin ve stoncích rostlin.

Tabulka 13 Obsah dusíku, uhlíku, vodíku a síry (%) ve stoncích konopí po rozborech pomocí CHNS macro cube analýzou včetně poměrů C/N a C/H

CHNS – Stonek	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie
N [%]	0,370±0,09	0,430±0,09	0,330±0,08	0,420±0,09
C [%]	45,26±0,20	45,65±0,40	45,93±0,30	45,11±0,60
H [%]	6,62±0,001	6,625±0,02	6,623±0,04	6,671±0,02
S [%]	0,080±0,08	0,030±0,03	0,030±0,03	0,030±0,03
C/N ratio	129,1±32,0	110,8±22,0	148,7±32,0	110,4±23,0
C/H ratio	6,829±0,03	6,890±0,04	6,935±0,01	6,763±0,10

Celkově lze říci, že procentuální složení jednotlivých prvků (Tab. 13) se mezi odrůdami příliš neliší a pohybuje se v podobných hodnotách. Po provedení statistického vyhodnocení nenacházíme statisticky významný rozdíl mezi obsahy dusíku, uhlíku, vodíku a síry ve stoncích jednotlivých opakování.

5.3.2 Obsahy živin a rizikových prvků v listech konopí

Tabulka 14 Obsah potenciálně rizikových prvků (mg/kg) v listech

List	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie
FAAS+ICP	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
As	0,030±0,00	0,030±0,00	0,030±0,00	0,030±0,00
Cd	0,004±0,00	0,001±0,00	0,057±0,05	0,001±0,00
Cr	0,005±0,00	0,005±0,00	0,005±0,00	0,005±0,00
Cu	6,750±1,31	2,320±1,52	3,990±0,66	4,460±1,15
Fe	190,4±43,0	116,9±65,0	132,5±22,0	162,9±16,0
Mn	8,104±0,52	7,232±1,71	9,497±1,39	8,016±0,77
Mo	0,480±0,16	0,720±0,51	0,770±0,45	0,170±0,17
Ni	1,330±1,33	0,410±0,38	0,380±0,27	0,560±0,30
Pb	0,020±0,00	0,020±0,00	0,020±0,00	0,020±0,00
Zn	17,73±7,55	11,29±2,74	28,02±5,63	13,92±2,65

V (Tab. 14) vidíme obsahy potenciálně rizikových prvků v listech konopí. Vidíme větší obsahy Fe, než v semenech konopí. Také niklu zde nalezneme více. Dle testu ANOVA zamítáme nulovou hypotézu, že u odrůd neexistují statisticky významné rozdíly. A přijímáme alternativní hypotézu, že u odrůd existují statisticky významné rozdíly v koncentracích potenciálně rizikových prvků. Dle post-hoc Tukeyiho HSD testu je zřejmá odlišnost pro prvek Zn u odrůdy Santhica 27, která zinku obsahuje nejvíce a odrůdy Finola. Dále zjistíme, že existuje statisticky významný rozdíl pro prvek Cu mezi odrůdou Finola a USO-31, která obsahuje mědi nejvíce.

Tabulka 15 Celkový obsah živin (mg/kg) v listech konopí

List FAAS+ICP	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
K	24153±5674	25906±1643	16637±5160	22904±2436
Al	124,0±33,0	63,81±37,0	79,37±10,0	102,0±12,0
B	60,07±6,00	66,41±8,70	67,97±6,60	55,32±8,80
Ca	81509±9545	99313±27928	82722±1791	80696±4746
Mg	7187±1347	6936±710	10045±2489	9296±901
P	1654±465	1302±256	1497±488	1505±318
S	2991±279	2638±596	3605±623	3557±1072

V (Tab. 15) vidíme celkové obsahy živin v listech konopí. V listech konopí se nachází větší koncentrace živin než v semeni a stonku. Na základě výsledků rozborů listů na obsahy přístupných živin dle odrůdy a opakování uděláme ANOVA test. Dle testu ANOVA potvrzujeme nulovou hypotézu, že u odrůd neexistují statisticky významné rozdíly. A zamítáme alternativní hypotézu, že u odrůd existují statisticky významné rozdíly v koncentracích přístupných živin v listech.

Tabulka 16 Obsah dusíku, uhlíku, vodíku a síry (%) v listech konopí po rozbořech pomocí CHNS macro cube analýzou včetně poměrů C/N a C/H

CHNS – List	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie
N [%]	1,900±0,20	1,640±0,10	1,950±0,20	2,050±0,30
C [%]	34,24±1,44	29,98±0,42	34,39±0,39	34,13±0,82
H [%]	5,390±0,25	4,620±0,08	5,490±0,02	5,390±0,13
S [%]	0,740±0,11	0,700±0,13	0,990±0,04	0,880±0,33
C/N ratio	18,20±1,30	18,38±1,20	17,83±1,90	17,01±2,20
C/H ratio	6,350±0,09	6,480±0,02	6,250±0,05	6,320±0,10

V (Tab. 16) vidíme obsahy uhlíku, dusíku, vodíku a síry v listech konopí. Na základě testu ANOVA můžeme zamítnout nulovou hypotézu. Po provedení post-hoc Tukeyiho HSD testu zjistíme, že existuje statisticky významný rozdíl mezi odrůdami pro prvek C a H. V obou případech se statisticky významně liší odrůda Finola od ostatních odrůd, protože těchto prvků obsahuje nejméně.

5.3.3 Obsahy živin a rizikových prvků v semenech konopí

Tabulka 17 Obsah potenciálně rizikových prvků (mg/kg) v semeni konopí

Semeno	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie
FAAS+ICP	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
As	0,006±0,00	0,003±0,00	0,008±0,00	0,001±0,00
Cd	0,003±0,00	0,003±0,00	0,012±0,01	0,002±0,00
Cr	0,030±0,01	0,020±0,00	0,050±0,02	0,019±0,00
Cu	20,84±3,85	18,70±3,44	20,91±0,90	16,59±1,95
Fe	91,58±12,0	117,2±19,0	92,44±13,0	85,70±1,50
Mn	21,38±2,80	30,92±6,10	21,73±1,90	38,30±1,70
Mo	1,780±0,48	1,610±0,45	1,590±0,14	0,920±0,19
Ni	0,130±0,09	0,030±0,002	0,010±0,01	0,010±0,00
Pb	0,003±0,00	0,001±0,00	0,003±0,00	0,002±0,00
Zn	80,91±6,60	84,81±6,50	70,09±4,20	79,48±4,40

V (Tab. 17) vidíme obsah potenciálně rizikových prvků v semeni konopí. Můžeme si všimnout vyšší koncentrace Cu, než v listu a stonku. Ani obsah Fe není v semeni zanedbatelný, ikdyž ho obsahuje méně než konopné listy. Obsah Mn je v semeni mnohem vyšší oproti dalším zkoumaným částem. Obsah Mo je dvojnásobný oproti listům. Nakonec vidíme obsah Zn, který je značně vyšší oproti listům a stonku. Po provedení ANOVA testu a následného pos-hoc Tukeyiho HSD testu zjišťujeme statisticky významné rozdíly mezi odrůdami Finola, které obsah As je nejvyšší, a odrůdami Bialobrzeskie a Santhica 27. Dále nacházíme rozdíl pro prvek Cd mezi odrůdou Finola, která ho obsahuje nejvíce a ostatními odrůdami. Dále dle výsledků testu zjišťujeme statisticky významné rozdíly pro prvek Mn mezi odrůdami Santhica 27, která ho obsahuje nejvíce a odrůdami USO-31 a Finola, které ho obsahují nejméně.

Tabulka 18 Celkový obsah živin (mg/kg) v semeni konopí

Semeno	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie
FAAS+ICP	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
K	6716±254	5396±167	5692±41	5989±390
Ca	1331±287	1406±175	1043±155	1470±96
Mg	4192±180	4206±219	4023±198	4034±409
P	7742±69	7850±354	7921±325	7721±860
S	2362±154	2582±106	2622±49	2424±91

V (Tab. 18) vidíme obsahy živin v semeni konopí. V semeni konopí se vyskytuje více P než v listech, nebo stonku. Po provedení ANOVA testu a následného Tukeyiho HSD testu zjišťujeme statisticky významný rozdíl pro prvek K mezi odrůdami. Odrůda USO-31 obsahovala v semeni zdatelně více K než odrůdy Bialobrzeskie a Finola.

Tabulka 19 Obsah dusíku, uhlíku, vodíku a síry (%) v semeni konopí po rozbořech pomocí CHNS macro cube analýzou včetně poměrů C/N a C/H

CHNS – Semeno	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie
N [%]	4,260±0,17	4,730±0,08	4,040±0,02	4,400±0,11
C [%]	53,98±0,38	53,75±0,13	52,99±0,25	53,62±0,16
H [%]	10,62±0,02	9,780±1,11	10,22±0,02	10,55±0,16
S [%]	0,170±0,02	0,530±0,47	0,170±0,00	0,190±0,00
C/N ratio	12,72±0,63	11,38±0,18	13,12±0,02	12,19±0,17
C/H ratio	5,080±0,02	5,570±0,69	5,190±0,01	5,080±0,02

V (Tab. 19) vidíme obsah dusíku, uhlíku, vodíku a síry v semeni. Celkově lze říci, že procentuální složení dusíku, uhlíku, vodíku a síry se mezi odrůdami příliš neliší a pohybuje se v podobných hodnotách. Na základě testu ANOVA můžeme potvrdit nulovou hypotézu. To znamená, že pro zadané odrůdy neexistuje statisticky významný rozdíl.

5.4 Fytoextrakční potenciál hodnocených odrůd

Tabulka 20 Celkové obsahy potenciálně rizikových prvků v nadzemní biomase (g/ha)

Biomasa	USO-31	Finola	Santhica 27	Bialobrzeskie
Porovnání	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)
As	0,334	0,091	0,433	0,255
Cd	0,031	0,030	0,083	0,023
Cr	0,163	0,131	0,158	0,124
Cu	104,8	51,83	97,38	99,09
Fe	817,4	357,4	751,9	860,2
Mn	102,5	57,74	199,0	151,1
Mo	0,986	0,732	1,348	0,464
Ni	9,880	4,376	4,642	7,554
Pb	0,729	0,078	0,341	0,291
Zn	360,6	174,5	431,8	400,2

Pro dané pěstební podmínky byl definován celkový fytoextrakční potenciál jednotlivých odrůd konopí. V tabulce (Tab. 20) je uveden celkový obsah extrahovaných rizikových prvků za všechny části nadzemní biomasy přepočítaný na hektar. Vidíme, že byly extrahovány prvky v tomto pořadí Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Mo>Pb>As>Cr>Cd. Dále zjistíme, že pro extrakci As a Cd je nejvhodnější odrůdou Santhica 27, která vyextrahovala těchto prvků nejvíce hlavně kvůli svým vysokým výnosům. Pro prvek Cr a Cu je nejvhodnější odrůdou USO-31. Pro prvek Fe je nejvhodnější odrůdou Bialobrzeskie. Pro prvky Mn a Mo nejvhodnější použít odrůdu Santhica 27. Pro extrakci prvku Ni a Pb je nejlepší použít odrůdu USO-31. Pro extrakci prvku Zn je nejvhodnější použít odrůdu Santhica 27. Zároveň z (Tab. 20) vidíme výrazný rozdíl u odrůdy Finola, která dosahuje menších celkových hmotností potenciálně rizikových prvků než ostatní odrůdy, hlavně kvůli svému malému výnosu.

U rostlin konopí byla také zjištěna rozdílná akumulace živin, mezi odrůdami. Nejvíce jich extrahovala z půdy odrůda Santhica 27, která měla nejvyšší výnos. Tato odrůda odčerpala 204 kg/ha vápníku, 260 kg/ha dusíku, 151 kg/ha draslíku, 40 kg/ha fosforu, 42 kg/ha hořčíku a 20 kg/ha síry. Trochu hůře na tom byly odrůdy USO-31 a Bialobrzeskie, které akumulovaly podobné množství látek. Nejméně živin z půdy odčerpala odrůda Finola, u které byly zaznamenány nejmenší výnosy nadzemní biomasy.

6 Diskuze

Pro úspěšné pěstování rostlin je velmi důležité zjistit i vlastnosti půdy. Půda na našem stanovišti byla analyzována na celkové obsahy výluhem lučavkou královskou a na přístupný obsah výluhem Mehlich 3. Na základě kritérií pro hodnocení agrochemických rozborů půd pro ornou půdu, dle výsledků agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2016-2021, zpracovaném Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským, hodnotíme obsahy prvků v půdě. Obsah draslíku a fosforu v testované půdě byl nízký, obsah hořčíku byl na hranici mezi vyhovujícím a dobrým. Obsah uhličitánů v půdě byl velmi vysoký. Půda v této práci má také vyšší obsah dusíku. Co se týče mikroelementů, tak obsah mědi byl dobrý, obsah zinku byl nízký, obsah manganu byl stanoven jako dobrý a obsah železa byl stanoven jako nízký. Obsah síry byl stanoven jako velmi nízký. Pro výluh lučavkou královskou byl obsah kadmia na limitní hranici. Zároveň byl stanoven nadlimitní obsah arsenu. Obsahy dalších potenciálně rizikových prvků byly pod stanovenou hranicí.

Pro stanovené půdní vlastnosti můžeme porovnat výnosy s jinými autory, bohužel ale nejsou pro všechny práce dostupné podrobné stanovištní podmínky. Výnosy konopí jsou úzce spjaty s konkrétními podmínkami stanoviště, výnos navíc může být ovlivněn více faktory. Hlavními jsou množství srážek, obsah živin v půdě, škůdci, plevely a zvolená odrůda. Z následující tabulky (Tab. 21) vidíme porovnání výnosů jednotlivých částí suché nadzemní biomasy s autory: Callaway (2022), Kuklina (2017), Tsaliki et al. (2021), Kudějová (2011), Vandepitte (2020), Kašpar (2021), Boudová (2011), Stražil (2014), Jarošová (2015), Josková (2017), Bjelková (2015), Honzík (2012), Husain et al. (2019). Z dostupných výnosů uvedených autorů byl vypočítán průměr a směrodatná odchylka pro sledovanou odrůdu a konkrétní část rostliny, někteří z autorů uvádí pouze celkové výnosy biomasy. S celkovými výnosy bylo také počítáno. Při dohledávání výnosů listů rostlin nastal problém, protože listy nejsou výnosovým prvkem. Kašpar (2021) ve své práci však uvádí výnos listů konopí a to 1,5 t/ha. Výnos listů u sledovaných odrůd nemůžeme porovnat, protože listy nejsou výnosovým prvkem, při porovnání s výnosy listů konopí autora Kašpar (2021), máme trochu větší výnos u odrůd USO-31, Finola a Santhica 27.

Z (Tab. 21) je patrná odlišnost ve výnosech semen, výnos semen stanovený v našem experimentu byl vždy vyšší. Výnos listů u sledovaných odrůd nemůžeme porovnat, protože listy nejsou výnosovým prvkem, při porovnání s výnosy listů autora Kašpar (2021), máme trochu větší výnos u odrůd USO-31, Finola a Santhica 27. Pro výnos suchého stonku se shodujeme s autory pro odrůdu Finola i USO-31. Pro odrůdu Santhica 27 máme výnosy vyšší, pro odrůdu Bialobrzeskíe máme značně nižší výnos stonku, ale mnohem vyšší výnos semene. Výnos semene bude vyšší z mnoha důvodů, jedním z nich určitě bude 50 cm meziřádková vzdálenost (Obr. 3). Výnosy konopí jsou závislé na mnoha faktorech, proto je vhodné jich zaznamenat co nejvíce. Ve výsledku se výnosy v celku podobají. Většina uvedených autorů také prováděla maloparcelní výzkum.

Tabulka 21 Porovnání výnosů suché nadzemní biomasy s jinými autory

Výnosy Infeld Suchá Biomasa	USO-31 (t/ha)	Finola (t/ha)	Santhica 27 (t/ha)	Bialobrzeskie (t/ha)
Stonek	8,51±0,4	1,47±0,1	12,48±1,8	6,19±0,7
List	1,88±0,1	0,94±0,1	1,77±0,3	1,86±0,3
Semeno	3,84±0,3	2,26±0,1	4,56±0,6	4,25±0,6
Celkové výnosy	14,23±0,7	4,67±0,3	18,81±2,6	12,3±1,5

Výnosy autoři Suchá Biomasa	USO-31 (t/ha)	Finola (t/ha)	Santhica 27 (t/ha)	Bialobrzeskie (t/ha)
Stonek	7,8±0,5	1,43±0,2	8,7±0,9	10±0,5
List	X	X	X	X
Semeno	1,19±0,2	1,5±0,6	3,1±1,2	1,22±0,7
Celkové výnosy	10±4,8	4,8±0,4	13,7±5,7	11,8±5,2

Studie Kleinhenz et al. (2020) obsahuje informace o živinách v konopném stonku a listu. Při porovnání s výsledky této práce nacházíme největší odlišnost v koncentracích živin ve stonku pro prvek P, kde jsou naše hodnoty mnohem menší. V případě prvků Ca a K se koncentrace shodují. Pro prvky Mg a S mají naměřené hodnoty 2x větší než v této práci. Pro koncentrace živin v listech konopí se obsahy shodují pro prvky K a S. Pro prvky Ca a Mg máme v této práci 2x vyšší koncentrace. Pro prvek P mají koncentraci v listech 2x vyšší autoři.

Autoři Callaway (2004), Oseyko et al. (2019), Siano et al. (2018), Mihoc et al. (2012), Lan et al. (2019), Půlpytlová (2011) a Mattila et al. (2018) ve svých pracích uvádí koncentrace živin v semeni konopí. Koncentrace P se u autorů pohybuje v hodnotě 10550±1167 mg/kg, což je hodnota vyšší oproti námi naměřené hodnotě 7800 mg/kg. Nejspíše z důvodu nižšího obsahu P v půdě. Koncentrace K, 6142±3030 mg/kg, což je hodnota podobná námi naměřené. Koncentrace prvku Mg 4068±1096 mg/kg, s touto hodnotou se naše koncentrace také shoduje. Prvek Ca 2432±1826 mg/kg zde mají autoři hodnotu vyšší. Pro prvek Fe je koncentrace autorů 108±51 mg/kg, což je koncentrace podobná.

Fytoremediační potenciál konopí je také velice závislý na mnoha faktorech. Některé z faktorů jsou zvolená odrůda, abiotické a biotické podmínky, množství dostupných živin a potenciálně rizikových prvků v půdě a celkový výnos biomasy. Galić et al. (2019) ve své práci uvádí koncentrace rizikových prvků ve stoncích a listech konopí pro podobné koncentrace potenciálně rizikových prvků v půdě. Hodnota pH jeho půdy je 7,79 a koncentrace prvků v půdě je v případě As o 64 mg/kg menší, v případě prvku Cr je jeho koncentrace o 103 mg/kg větší, pro prvek Cu je koncentrace v jeho půdě o 3 mg/kg menší, pro Ni má půda autora větší koncentraci o 57 mg/kg, pro prvek Pb má jeho koncentrace v půdě hodnotu menší o 10 mg/kg a pro Zn má hodnotu menší o 18 mg/kg oproti hodnotám pro půdy této práce. Při porovnání obsahů potenciálně rizikových prvků ve stonku, nám v této práci vychází nižší hodnoty pro prvek Cr o 1,5 mg/kg, pro prvek Ni o 1 mg/kg nižší, pro prvek Pb o 0,5 mg/kg nižší pro Zn nám

vychází hodnoty nižší o 15mg/kg. Pro prvek Cu ve stonku nám vychází vyšší koncentrace o 1,15 mg/kg. V případě listu konopí má autor práce hodnoty nižší pro prvek Cu o 2 mg/kg, pro Mo má nižší koncentrace o 0,3 mg/kg. Vyšší koncentrace prvku má v případě As o 0,2 mg/kg, Cr o 1,75 mg/kg a Zn o 18 mg/kg. Dalo by se říci, že výsledky se shodují. Jednou z jeho testovaných odrůd byla také Bialobrzeskie.

Z následující (Tab.22), vidíme obsahy potenciálně rizikových prvků v částech konopí dle autorů. V případě stonku jsou obsahy potenciálně rizikových prvků v mé práci nižší ve všech případech, kromě mědi. U té máme obsah vyšší než autor Galić et al. (2019) se kterým máme hodnoty nejpodobnější. Pro listy jsou obsahy potenciálně rizikových prvků zjištěné v mé práci také nižší ve všech případech, kromě mědi a niklu, kde se shodujeme s autorem Galić et al. (2019). Pro obsah zinku v listu máme vyšší hodnoty než autor Ahmad et al. (2016). Pro obsahy prvků v semeni jsou zjištěné hodnoty v mé práci vyšší pro měď. Pro zinek jsou hodnoty v souladu s výsledky Mihoc et al. (2013).

Z (Tab. 22) také vidíme, že konopí může extrahovat velké množství potenciálně rizikových prvků z prostředí. Extrahované množství je především závislé na specifických podmínkách stanoviště. Vidíme, že rozsahy jsou opravdu velké a obsahy se výrazně liší. Obsahy potenciálně rizikových prvků v prostředí výrazně ovlivňují výsledné obsahy těchto prvků v rostlinách. Oproti většině prací byly obsahy prvků v půdě této práce znatelně nižší. I přesto bylo zaznamenáno snížení koncentrací potenciálně rizikových prvků v půdě po sklizni. Aktuálně existuje mnoho prací, které ověřují fytoextrakční potenciál konopí v umělých podmínkách, nikoli pro polní podmínky. Stále je zapotřebí dalších prací zaměřených na fytoremediaci orné půdy, luk a dalších zemědělských ploch. Bylo by vhodné, aby další autoři důkladně zaznamenali stanovištní podmínky a rostliny analyzovali po jednotlivých částech. Na základě dalších výzkumů by bylo možné zvolit nejvhodnější varianty pro specifické podmínky. Konopí je určitě rostlina, která má do budoucna obrovský potenciál. Nabízí řadu možností využití a fytoremediace je zcela jistě jednou z nich.

Tabulka 22 Obsahy potenciálně rizikových prvků dle autorů (mg/kg)

Nadzemní biomasa	Stonek	List	Semeno	Reference
Prvky	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	
Kadmium	0-3			Meers et al. (2005)
	11,4-33,3			Shi et al. (2012)
	1,3-4		1,3-4,0	Mihoc et al. (2012)
		2,96-3,94	1,03-1,19	Linger et al. (2002)
				Shi and Cai (2010)
	50-100	50-100		Linger et al. (2005)
	14	10,1-26,1		Citterio et al. (2003)
	0,03-0,05	0,03-0,04		Galić et al. (2019)
	66	31,9-85,7		Citterio et al. (2003)
		132-170		Ahmad et al. (2016)
	0,001	0,001-0,06	0,002-0,01	Infeld (2023)
Chrom		1,2-1,4		Citterio et al. (2003)
			598-877	Mihoc et al. (2013)
	1,19-1,83	1,75-3,2		Galić et al. (2019)
		0,6-2,2		Citterio et al. (2003)
		0,4-2		Citterio et al. (2003)
		23,55-27,05		Ahmad et al. (2016)
		0,005	0,005	0,02-0,05
Měď	15-80			Meers et al. (2005)
		1530		Ahmad et al. (2016)
			10-12	Mihoc et al. (2013)
	0,17	2,03-7,99		Galić et al. (2019)
	41-48	988-1308		Bona et al. (2007)
		1511-1549		Ahmad et al. (2016)
		1,23-1,77	2,32-6,75	16,6-20,9
Olovo	1-7			Meers et al. (2005)
		23,2	35796	Linger et al. (2002)
	0,57-3,93	0,36-0,67		Galić et al. (2019)
		21,65	25204	Linger et al. (2002)
		34-44		Ahmad et al. (2016)
		0,02	0,02	0,001-0,003
Nikl	5-23			Meers et al. (2005)
		123		Ahmad et al. (2016)
			1,6-6,1	Mihoc et al. (2013)
	0,54-2,56	0,13-3,25		Galić et al. (2019)
		5,7-8,5		Citterio et al. (2003)
		23,3-39,5		Citterio et al. (2003)
		63,83	33,24	Linger et al. (2002)
		63,46	28946	Linger et al. (2002)
		110-145		Ahmad et al. (2016)
		0,005-0,24	0,41-1,33	0,92-1,78
Zinek	100-325			Meers et al. (2005)
	12,4-18,2	45,8-69,2		Galić et al. (2019)
	81-657			Shi and Cai (2010)
			42-57	Mihoc et al. (2013)
			42-94	Mihoc et al. (2013)
		3,3-5,7		Ahmad et al. (2016)
		1,27-3,89	11,3-28,0	70-84,8

7 Závěr

Předpoklad, že zvolené odrůdy konopí, které bylo pěstováno ve specifických podmínkách, vytvoří dostatečné množství biomasy, byl splněn. Byla stanovena celková hmotnost hlavních nadzemních částí rostlin za čerstvého i suchého stavu. Odrůda Finola měla výnos suché biomasy 4,7 t/ha, přičemž hmotnost semene zde tvořila 50 % z celkové hmotnosti. Tato odrůda je nejranější a dosahovala nejmenšího vzrůstu. Odrůda USO-31 vytvořila výnos 14,2 t/ha, zde měl nejvyšší podíl na hmotnosti stonků 60 %. Odrůda Bialobrzeskie měla výnos 12,3 t/ha a u této odrůdy tvořil stonky 50 % hmotnosti. Odrůda Santhica 27 vytvořila výnos 18,8 t/ha nadzemní suché biomasy a stonky u této odrůdy tvořil 66 % hmotnosti. Byl tedy potvrzen předpoklad odlišné tvorby nadzemní biomasy mezi odrůdami. Jednalo se o maloparcelní práci, kde každá z odrůd měla prostor 15 m².

Co se týče živin v rostlinách, tak nejvíce jich extrahovala z půdy odrůda Santhica 27, která měla nejvyšší výnos, odčerpala 205 kg/ha vápníku, 260 kg/ha dusíku, 157 kg/ha draslíku, 40 kg/ha fosforu, 41 kg/ha hořčíku a 20 kg/ha síry. Nejméně živin odčerpala odrůda Finola. Zde se nám potvrdil předpoklad odlišného ukládání těchto prvků u jednotlivých odrůd. Znatelný rozdíl obsahů potenciálně rizikových prvků byl v listech rostlin, zde odrůda Santhica 27 vykazovala vysoké hodnoty u zinku. Ze suché nadzemní biomasy má největší obsahy potenciálně rizikových prvků semeno. To se nám potvrdilo u všech odrůd. Bylo zjištěno, že potenciálně rizikové prvky byly extrahovány v tomto pořadí Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Mo>Pb>As>Cr>Cd.

Odrůda Santhica 27 celkově vyextrahovala nejvíce potenciálně rizikových prvků z půdy, hlavně díky svým vysokým výnosům. Santhica 27 vyextrahovala 0,43 g/ha arsenu, 97 g/ha mědi, 751 g/ha železa, 199 g/ha manganu a 432 g/ha zinku. USO-31 vykazovala největší fytoextrakční potenciál pro prvky chrom, měď, olovo a nikl. Odrůda Bialobrzeskie vykazovala největší fytoextrakční potenciál pro prvek železo. Odrůda Finola vykazovala nejmenší fytoextrakční potenciál, hlavně kvůli svým nízkým výnosům. Při porovnání původního vzorku půdy a půd odebraných po skončení práce je viditelný úbytek potenciálně rizikových prvků. Tento pokles koncentrací v půdě značí, že se zde částečně projevila provedená fytoremediace. Na základě výsledků bych pro fytoremediaci této plochy volil nejproduktivnější z testovaných variant, tedy odrůdu Santhica 27.

8 Literatura

- 1) Ahmad R, Tehsin Z, Malik ST, Asad SA, Shahzad M, Bilal M, Shah MM, Khan SA. 2016. Phytoremediation Potential of Hemp (*Cannabis sativa* L.): Identification and Characterization of Heavy Metals Responsive Genes. *Clean Soil Air Water* **44**: 195-201. DOI: 10.1002/člen.201500117.
- 2) Alufasi R, Zeman S, Bagar T, Chingwaru W. 2020. Cannabis sativa L. and its potential applications in environmental bioremediation. A review. *Hmeljarski Bilten* **27**. Conference: 6th Scientific Conference with International Participation all about People: Challenges For Science and Education At: Alma Mater Europaea (AMEU) – ECM, Maribor, Slovenia.
- 3) Anděl J. 2005. *Základy matematické statistiky*. MATFYZPRESS 1:358. Praha.
- 4) Andre Ch, Hausman J, Guerriero G. 2016. Cannabis sativa: The Plant of the Thousand and One Molecules. *Frontiers in Plant Science* **7**. DOI: 10.3389/fpls.2016.00019.
- 5) Angelova V, Ivanova R, Delibaltova V, Ivanov K. 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products* **19**: 197-205. DOI: 10.1016/j.indcrop.2003.10.001.
- 6) Bjelková M, Šmirous P, Vrbová M, Vaculík A. 2017. Komplexní metodika pěstování konopí: Agritec, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o. 1: 1-71.
- 7) Bjelková M. 2015. Vybrané vlastnosti odrůd konopí setého. *Agritec Plant Research* 1:51. Šumperk.
- 8) Blandinières H, Amaducci S. 2022. Adapting the cultivation of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) to marginal lands. *GCB Bioenergy* **14**: 1004–1022.
- 9) Bouayoun T, Stambouli H, Bouri A, Farah A, Saidi S, Yassine EZ, Fadil M, Zoubida Ch, Tabyaoui M. 2017. Comparative Study of Three Varieties of Cannabis sativa L. Cultivate in Different Region of Morocco. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* **9**: 643-653.
- 10) Boudová M. 2011. Konopí seté (*Cannabis sativa*) jako energetická rostlina. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- 11) Brooks RR, Lee J, Reeves RD, Jaffre T. 1977. Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants. *Journal of Geochemical Exploration* **7**: 49–57.
- 12) Callaway JC. 2004. Hempseed as a nutritional resource: *Euphytica* **140**: 65–72.
- 13) Callaway JC. 2022. Basic information on Finola Agronomy. Available from: <https://finola.fi/> (accessed on 10 November 2022).
- 14) Canu M, Mulè P, Spanu E, Fanni S, Marrone A, Carboni G. 2022. Hemp Cultivation in Soils Polluted by Cd, Pb and Zn in the Mediterranean Area: Sites Characterization and Phytoremediation in Real Scale Settlement. *Appl. Sci.* **12**: 3548. DOI: 10.3390/app12073548.
- 15) Cervantes J. 2006. *Marijuana horticulture: The Indoor/Outdoor Medical Grower's Bible*. Van Patten Publishing.
- 16) Cleophas FN, Zahari NZ, Murugayah P, Rahim SA, Mohd Yatim AN. 2023. Phytoremediation: A Novel Approach of Bast Fiber Plants (Hemp, Kenaf, Jute and Flax) for Heavy Metals Decontamination in Soil—Review. *Toxics* **11**: 5. DOI: 10.3390/toxics11010005.
- 17) Conrad Ch. 2001. *Konopí pro zdraví: fakta o léčivých účincích marihuany*. Pragma.

- 18) Čermák P, Kohel J, Dederá F. 1999. Rekultivace území devastovaných báňskou činností v oblasti Severočeského hnědohelného revíru. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Hrdějovice: Agentura Bonus.
- 19) Doležal J. 2010. Marihuana: užitečné rady. Levné knihy, Praha.
- 20) Elsohly M, Thomas FB. 2016. The analytical chemistry of cannabis, Quality Assessment, Assurance, and Regulation of Medicinal Marijuana and Cannabinoid Preparations. Elsevier. DOI: 10.1016/C2014-0-03861-0.
- 21) Fadeeva VP, Tikhova VD, Nikulicheva ON. 2008. Elemental Analysis of Organic Compounds with the Use of Automated CHNS Analyzers. Journal of Analytical Chemistry **63**: 1197-1210.
- 22) Fišar Z. 2009. Vybrané kapitoly z biologické psychiatrie. Grada, Praha.
- 23) Gabrielová H. 2007. Konopí – biomasa pro život. Konopa, Zelená pumpa – Chraštické ekocentrum.
- 24) Galić M, Perčin A, Zhorelec Ž, Kisić I. 2019. Evaluation of heavy metals accumulation potential of hemp (*Cannabis sativa L.*), Journal of Central European Agriculture **20**: 700-711. DOI: 10.5513/JCEA01/20.2.2201
- 25) Gloss D. 2015. An Overview of Products and Bias in Research. Neurotherapeutics **12**: 731–734.
- 26) Greipsson S. 2011. Phytoremediation. Nature Education Knowledge **3**: 7.
- 27) Grotenhermen F. 2009. Konopí jako lék: praktický rádce k využívání konopí a dronabinolu v medicíně. Fontána, Olomouc.
- 28) Hanuš LO, Meyer SM, Muñoz E, Tagliatela-Scafiti O, Appendino G. 2016. Phytocannabinoids: a unified critical inventory. Nat. Prod. Rep. **33**: 1357-1392. DOI: 10.1039/c6np00074f.
- 29) Holland J. 2014. Tráva: kompletní průvodce světem marihuany v medicíně, vědě, kultuře a politice. Pragma, Praha.
- 30) Honzík R, Bjelková M, Muñoz J, Váňa V. 2012. Pěstování konopí setého *Cannabis sativa L.* pro výrobu bioplynu, Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- 31) Husain R, Weeden H, Bogush D, Deguchi M, Soliman M, Potlakayala S, Katam R, Goldman S, Rudrabhatla S. 2019. Enhanced tolerance of industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) plants on abandoned mine land soil leads to overexpression of cannabinoids. PLOS ONE **14**(8): e0221570. DOI: 10.1371/journal.pone.0221570.
- 32) Jankauskiene Z, Gruzdeviene E. 2009. Beniko and bialobrezskie – Industrial hemp varieties in Lithuania. Tehnologija Resursi – Environment, Technology, Vide. 1. 176-182.
- 33) Jarošová M. 2015. Technologie pěstování a hnojení konopí (*Cannabis*) a způsoby jeho využití. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- 34) Josková M. 2017. Současné pěstební technologie konopí – vliv na výnos a kvalitu. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- 35) Kaczorová D, Béres T, Čavar Zeljković S, Bjelková M, Kuchař M, Tarkowski P. 2020. O konopí bez předsudků. Chemické Listy **4**:277–284. Available from: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3586> (accessed January 2023).
- 36) Kašpar J. 2021. Výnos a kvalita konopí setého (*Cannabis sativa*) pěstovaného v ekologickém a konvenčním systému hospodaření. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

- 37) Kleinhenz MD, Magnin G, Ensley SM, Griffin JJ, Goeser J, Lynch E, Coetzee JF. 2020. Nutrient concentrations, digestibility, and cannabinoid concentrations of industrial hemp plant components. *Applied Animal Science* **36**:4, 489-494. DOI: 10.15232/aas.2020-02018.
- 38) Koźmińska A, Wiszniewska A, Fajerska EH, Muszyńska E. 2018. Recent strategies of increasing metal tolerance and phytoremediation potential using genetic transformation of plants. *Plant Biotechnology Reports* 12: 1–14. DOI:10.1007/s11816-017-0467-2
- 39) Kubánek V. 2009. Konopí a mák: (pěstování, výroby, legislativa). Tribun EU, Brno.
- 40) Kudějová S. 2011. Pěstitelské požadavky konopí setého (*Cannabis sativa*), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- 41) Kuklína A. 2017. Tvorba výnosu semen a hodnocení zdravotního stavu odrůd konopí setého (*Cannabis sativa L.*). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- 42) Lan Y, Zha F, Peckrul A, Hanson B, Johnson B, Rao J, Chen B. 2019. Genotype x Environmental Effects on Yielding Ability and Seed Chemical Composition of Industrial Hemp (*Cannabis sativa L.*) Varieties Grown in North Dakota, USA. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **96**:1417–1425. DOI: 10.1002/aocs.12291.
- 43) Li HL. 1973. An archaeological and historical account of Cannabis in China. *Economic Botany* **28**: 437–448. DOI:10.1007/BF02862859.
- 44) Li SY, Stuart JD, Li Y, Parnas RS. 2010. The feasibility of converting *Cannabis sativa L.* oil into biodiesel. *Bioresource Technology* **101**: 8457–8460. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.05.064.
- 45) Linger P, Müssig J, Fischer H, Kobert J. 2002. Industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) growing on heavy metal contaminated soil: Fibre quality and phytoremediation potential. *Industrial Crops and Products* **16**: 33-42. DOI:10.1016/S0926-6690(02)00005-5.
- 46) Mattila P, Mäkinen S, Eurola M, Jalava T, Pihlava JM, Hellström J, Pihlanto A. 2018. Nutritional Value of Commercial Protein-Rich Plant Products. *Plant Foods for Human Nutrition* **73**:108–115. DOI: 10.1007/s11130-018-0660-7.
- 47) Mehlich A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil. Science and Plant Analysis* **15**: 1409-1416.
- 48) Mihoc M, Pop G, Alexa E, Radulov I. 2012. Nutritive quality of romanian hemp varieties (*Cannabis sativa L.*) with special focus on oil and metal contents of seeds. *Chemistry Central Journal* **6**: 122. DOI: 10.1186/1752-153X-6-122.
- 49) Miovský M. 2008. Konopí a konopné drogy: Adiktologické kompendium. Grada, Praha.
- 50) Oseyko M, Sova N, Lutsenko M, Kalyna V. 2019. Chemical aspects of the composition of industrial hemp seed products. *Ukrainian Food Journal* **8**: 544–559. DOI:10.24263/2304-974x-2019-8-3-11.
- 51) Pelt VB. 2008. Characterization of Medicinal Properties of Cannabis sativa L. Roots. Leiden University, The Netherlands.
- 52) Placido DF, Lee ChC. 2022. Potential of Industrial Hemp (*Cannabis sativa L.*) for Phytoremediation of Heavy Metals: Plant–Soil Interactions. *Plants* **11**: 595. DOI: 10.3390/plants11050595.
- 53) Půlpytlová J. 2011. Nutriční a technologická kvalita semen konopí setého. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

- 54) Putri DN, Sahlan M, Montastruc L, Meyer M, Negny S, Hermansyah H. 2020. Progress of fermentation methods for bio-succinic acid production using agro-industrial waste by *Actinobacillus succinogenes*. *Energy reports* **6**: 234-239. DOI: 10.1016/j.egy.2019.08.050.
- 55) Rahemi A, Dhakal R, Temu VW, Rutto L, Kering MK. 2021. Performance of Different-Use Type Industrial Hemp Cultivars under Mid-Atlantic Region Conditions. *Agronomy* **11**: 2321-2321. DOI: 10.3390/agronomy11112321.
- 56) Rättsch Ch. 2013. Marihuana jako lék: etnomedicína, užívání a recepty na léčení konopím. Fontána (Dobra & Fontána), Olomouc.
- 57) Rhey HT, Omondi EC, Brewer CE. 2021. Potential of hemp (*Cannabis sativa L.*) for paired phytoremediation and bioenergy production. *GCB Bioenergy* **13**: 525-536. DOI: 10.1111/gcbb.12782.
- 58) Ruman M, Klvaňová L. 2008. Konopí – staronový přítel člověka. Konopa, Praha.
- 59) Ryz NR, Remillard DJ, Russo EB. 2017. Cannabis Roots: A Traditional Therapy with Future Potential for Treating Inflammation and Pain. *Cannabis and Cannabinoid Research* **2**: 210-216. DOI: 10.1089/can.2017.0028.
- 60) Siano F, Moccia S, Picariello G, Russo G, Sorrentino G, Di Stasio M, La Cara F, Volpe M. 2018. Comparative Study of Chemical, Biochemical Characteristic and ATR-FTIR Analysis of Seeds, Oil and Flour of the Edible Fedora Cultivar Hemp (*Cannabis sativa L.*). *Molecules* **24**: 83. DOI: 10.3390/molecules24010083.
- 61) Skálová E. et al. 2013. Metabolismus léčiv a jiných xenobiotik. Karolinum, Praha.
- 62) Soudek P, Petrová Š, Benešová D, Kotyza J. 2008. Fytoremediation and possibilities of increasing its effectivity. *Chemické listy* **102**: 346-352.
- 63) Stražil Z, Středa T. 2014. Pěstování rostlin pro nepotravinářské účely – speciální část, Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- 64) Todde G, Carboni G, Marras S, Caria M, Sirca C. 2022. Industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) for phytoremediation: Energy and environmental life cycle assessment of using contaminated biomass as an energy resource, *Sustainable Energy Technologies and Assessments* **52**(7):102081. DOI: 10.1016/j.seta.2022.102081.
- 65) Trauffer A. 1941. Pinch Hitters for Defense: *Popular Mechanics*, Hearst Magazines. dec. **6**: 201-207.
- 66) Tsaliki E, Kalivas A, Jankauskiene Z, Irakli M, Cook C, Grigiridis I, Panoras I, Vasilakoglou L, Dhima K. 2021. Fibre and Seed Productivity of Industrial Hemp (*Cannabis sativa L.*) Varieties under Mediterranean Conditions. *Agronomy* **11**:171.
- 67) Turner CE, Elsohly MA, Boeren EG. 1980. Constituents of *Cannabis sativa L.*XVII: A review of the natural constituents. *Journal of natural products* **43**: 169-304. DOI: 10.1021/np50008a001.
- 68) Vandepitte K, Vasile S, Varmeire S, Vanderhoeven M, Borght W, Latré J, Raeve A, Troch V. 2020. Hemp (*Cannabis sativa L.*) for high-value textile applications: The effective long fiber yield and quality of different hemp varieties, processed using industrial flax equipment. *Industrial Crops and Products*. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112969.
- 69) Vaněk T, Soudek P, Podlipná R, Petrová Š, Landa P. 2017. Fytoremediace a možnosti její aplikace. Středisko společných činností AV ČR, Praha.
- 70) Welz B, Sperling M. 2008. Atomic absorption spectrometry. Wiley, Německo.

- 71) Welz B, Sperling M. 2008. Principles of inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *Spectrochimica Acta B. Atomic Spectroscopy* **63**: 971-998.
- 72) Wylie SE, Ristvey AG, Fiorellino NM. 2021. Fertility management for industrial hemp production: Current knowledge and future research needs. *GCB Bioenergy* **13**: 517-524.

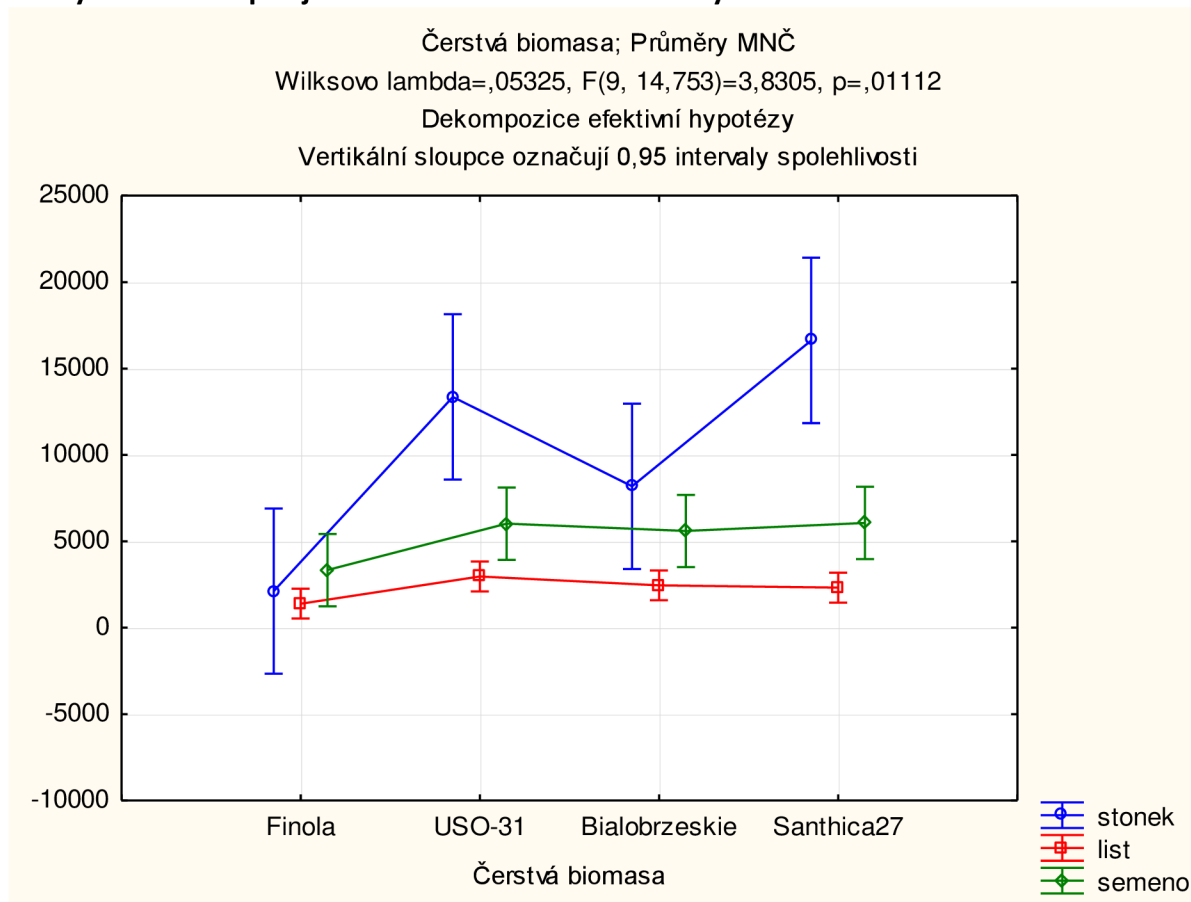
9 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1 Příprava a oplocení pozemku.....	21
Obrázek 2 Zapravení hnojiva.....	22
Obrázek 3 Urovnaný a zasetý pozemek	24
Obrázek 4 Zaplevelený pozemek	25
Obrázek 5 Ruční pletí	26
Obrázek 6 Záznam z fotopasti 06/07/22.....	27
Obrázek 7 Kontrola zralosti semen odrůdy Finola	28
Obrázek 8 Rostlina odrůdy Bialobrzeskie měřící cca 300 cm.....	29
Obrázek 9 Samčí rostliny jsou velice atraktivní pro včelstvo	30
Obrázek 10 Měření výšky Bialobrzeskie 350 cm	31
Obrázek 11 Odrůda Finola vpředu, těsně před sklizní v pozadí USO 31.....	32
Obrázek 12 Porost před sklizní.....	33
Obrázek 13 Podíl jednotlivých částí rostlin konopí na tvorbě jejich čerstvé/suché hmotnosti	Chyba!
Záložka není definována.	
Obrázek 14 ANOVA test hmotností nadzemních částí suché biomasy (g).....	40
Obrázek 15 ANOVA test pro obsahy uhlíku, dusíku, vodíku a síry v půdě (%).....	44
Tabulka 1 Průměrný odběr živin (Bjelková et al. 2017)	15
Tabulka 2 Hmotnost jednotlivých částí čerstvé biomasy dle odrůd a opakování (g/opakování)	37
Tabulka 3 Hmotnost jednotlivých částí suché biomasy dle odrůd a opakování (g/opakování).....	39
Tabulka 4 Naměřené hodnoty pH půdy před setím a po sklizni konopí dle jednotlivých odrůd.....	40
Tabulka 5 Preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou (mg/kg sušiny), (Vyhláška č. 153 /2016 Sb. z 9.5. 2016).....	41
Tabulka 6 Celkový obsah potenciálně rizikových prvků (mg/kg) v půdě extrahovaný lučavkou královskou	41
Tabulka 7 Celkové obsahy živin (mg/kg) v půdě extrahované lučavkou královskou	42
Tabulka 8 Obsahy potenciálně rizikových prvků (mg/kg) v půdě po výluhu roztokem Mehlich3	42

Tabulka 9 Obsahy přístupných živin v půdě (mg/kg) po výluhu roztokem Mehlich3.....	43
Tabulka 10 Obsah dusíku, uhlíku, vodíku a síry (%) v půdě po rozborech pomocí CHNS macro cube analýzou včetně poměrů C/N a C/H	44
Tabulka 11 Obsah potenciálně rizikových prvků (mg/kg) ve stonku	45
Tabulka 12 Celkový obsah živin (mg/kg) ve stoncích konopí	45
Tabulka 13 Obsah dusíku, uhlíku, vodíku a síry (%) ve stoncích konopí po rozborech pomocí CHNS macro cube analýzou včetně poměrů C/N a C/H	46
Tabulka 14 Obsah potenciálně rizikových prvků (mg/kg) v listech	46
Tabulka 15 Celkový obsah živin (mg/kg) v listech konopí	47
Tabulka 16 Obsah dusíku, uhlíku, vodíku a síry (%) v listech konopí po rozborech pomocí CHNS macro cube analýzou včetně poměrů C/N a C/H	47
Tabulka 17 Obsah potenciálně rizikových prvků (mg/kg) v semeni konopí	48
Tabulka 18 Celkový obsah živin (mg/kg) v semeni konopí	48
Tabulka 19 Obsah dusíku, uhlíku, vodíku a síry (%) v semeni konopí po rozborech pomocí CHNS macro cube analýzou včetně poměrů C/N a C/H	49
Tabulka 20 Celkové obsahy potenciálně rizikových prvků v nadzemní biomase (g/ha)	49
Tabulka 21 Porovnání výnosů suché nadzemní biomasy s jinými autory	52
Tabulka 22 Obsahy potenciálně rizikových prvků dle autorů (mg/kg)	54

10 Samostatné přílohy

Tukeyův HSD test pro jednotlivé části čerstvé biomasy



Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná stonek (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1291E4, sv = 8,0000				
	Čerstvá biomasa	1	2	3	4
1	Finola	2121,0	0,021108	0,242176	0,005078
2	USO-31	0,021108	13353,	0,355848	0,690920
3	Bialobrzeskie	0,242176	0,355848	8184,0	0,079168
4	Santhica27	0,005078	0,690920	0,079168	16626,

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná list (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4214E2, sv = 8,0000				
	Čerstvá biomasa	1	2	3	4
1	Finola	1392,1	0,070167	0,260946	0,360070
2	USO-31	0,070167	2962,6	0,778278	0,637652
3	Bialobrzeskie	0,260946	0,778278	2457,2	0,993617
4	Santhica27	0,360070	0,637652	0,993617	2320,8

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná semeno (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2471E3, sv = 8,0000				
	Čerstvá biomasa	1	2	3	4
		3337,2	6023,7	5596,5	6066,2
1	Finola		0,233874	0,356539	0,223862
2	USO-31	0,233874		0,986410	0,999987
3	Bialobrzeskie	0,356539	0,986410		0,982127
4	Santhica27	0,223862	0,999987	0,982127	

Tukeyův HSD test pro jednotlivé části suché biomasy

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná stonk (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1435E3, sv = 8,0000				
	suchá biomasa	1	2	3	4
		738,75	4256,7	3099,4	6240,8
1	Finola		0,028946	0,151638	0,002363
2	Uso-31	0,028946		0,653119	0,254508
3	Bialobrzeskie	0,151638	0,653119		0,049435
4	Santhica27	0,002363	0,254508	0,049435	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná list (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 50125,, sv = 8,0000				
	suchá biomasa	1	2	3	4
		470,36	941,93	931,43	870,60
1	Finola		0,120377	0,130444	0,205760
2	Uso-31	0,120377		0,999931	0,978525
3	Bialobrzeskie	0,130444	0,999931		0,986419
4	Santhica27	0,205760	0,978525	0,986419	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná semeno (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 3028E2, sv = 8,0000				
	suchá biomasa	1	2	3	4
		1130,4	1924,2	2125,3	2282,2
1	Finola		0,353735	0,198973	0,123120
2	Uso-31	0,353735		0,968335	0,854161
3	Bialobrzeskie	0,198973	0,968335		0,984376
4	Santhica27	0,123120	0,854161	0,984376	

Tukeyův HSD test pro půdy po výluhu lučavkou královskou

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná As (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2,2250, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		74,000	77,550	72,800	73,600	69,200
1	Bialobrzeskie		0,258116	0,918699	0,998486	0,108501
2	Finola	0,258116		0,112255	0,195216	0,013160
3	Santhica27	0,918699	0,112255		0,979202	0,249297
4	USO-31	0,998486	0,195216	0,979202		0,142733
5	Původní vzorek	0,108501	0,013160	0,249297	0,142733	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná B (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,09200, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		17,500	16,300	17,900	17,100	15,900
1	Bialobrzeskie		0,052759	0,694157	0,694157	0,016896
2	Finola	0,052759		0,016896	0,197377	0,694157
3	Santhica27	0,694157	0,016896		0,197377	0,006504
4	USO-31	0,694157	0,197377	0,197377		0,052759
5	Původní vzorek	0,016896	0,694157	0,006504	0,052759	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ca (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4898E2, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		62445,	59426,	47610,	55199,	53575,
1	Bialobrzeskie		0,037987	0,000273	0,000953	0,000486
2	Finola	0,037987		0,000295	0,009506	0,002315
3	Santhica27	0,000273	0,000295		0,000806	0,002123
4	USO-31	0,000953	0,009506	0,000806		0,274656
5	Původní vzorek	0,000486	0,002315	0,002123	0,274656	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cd (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00108, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		,52450	,49000	,52000	,47650	,49600
1	Bialobrzeskie		0,823932	0,999893	0,622097	0,897550
2	Finola	0,823932		0,880774	0,992149	0,999665
3	Santhica27	0,999893	0,880774		0,691370	0,940147
4	USO-31	0,622097	0,992149	0,691370		0,970245
5	Původní vzorek	0,897550	0,999665	0,940147	0,970245	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cr (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,18300, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		31,750	29,550	33,100	28,750	29,200
1	Bialobrzeskie		0,018776	0,115566	0,004963	0,010060
2	Finola	0,018776		0,002388	0,431643	0,914326
3	Santhica27	0,115566	0,002388		0,001020	0,001591
4	USO-31	0,004963	0,431643	0,001020		0,823199
5	Původní vzorek	0,010060	0,914326	0,001591	0,823199	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cu (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,19100, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		22,450	22,700	22,950	22,250	22,100
1	Bialobrzeskie		0,973855	0,780555	0,988304	0,919837
2	Finola	0,973855		0,973855	0,833040	0,666752
3	Santhica27	0,780555	0,973855		0,552804	0,401385
4	USO-31	0,988304	0,833040	0,552804		0,996052
5	Původní vzorek	0,919837	0,666752	0,401385	0,996052	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Fe (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4213E2, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		41993,	44054,	43307,	41955,	41509,
1	Bialobrzeskie		0,113294	0,371244	0,999996	0,936065
2	Finola	0,113294		0,776930	0,106762	0,054535
3	Santhica27	0,371244	0,776930		0,350107	0,172063
4	USO-31	0,999996	0,106762	0,350107		0,951064
5	Původní vzorek	0,936065	0,054535	0,172063	0,951064	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná K (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 3762,3, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		3753,5	3348,5	3825,5	3399,0	3388,0
1	Bialobrzeskie		0,006465	0,766233	0,011492	0,010075
2	Finola	0,006465		0,003159	0,912649	0,960642
3	Santhica27	0,766233	0,003159		0,005156	0,004610
4	USO-31	0,011492	0,912649	0,005156		0,999689
5	Původní vzorek	0,010075	0,960642	0,004610	0,999689	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mg (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4458,0, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		3807,0	3492,0	4015,0	3540,0	3584,0
1	Bialobrzeskie		0,026702	0,120439	0,050700	0,095957
2	Finola	0,026702		0,003061	0,943217	0,664203
3	Santhica27	0,120439	0,003061		0,004662	0,007134
4	USO-31	0,050700	0,943217	0,004662		0,957454
5	Původní vzorek	0,095957	0,664203	0,007134	0,957454	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mn (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 111,60, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		471,50	437,50	509,50	457,50	456,00
1	Bialobrzeskie		0,108444	0,074397	0,690880	0,619102
2	Finola	0,108444		0,005628	0,422115	0,482992
3	Santhica27	0,074397	0,005628		0,022486	0,020011
4	USO-31	0,690880	0,422115	0,022486		0,999876
5	Původní vzorek	0,619102	0,482992	0,020011	0,999876	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ni (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,35400, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		19,400	19,450	20,150	19,600	19,100
1	Bialobrzeskie		0,999985	0,723441	0,996353	0,983335
2	Finola	0,999985		0,764933	0,998816	0,971173
3	Santhica27	0,723441	0,764933		0,876516	0,476943
4	USO-31	0,996353	0,998816	0,876516		0,906984
5	Původní vzorek	0,983335	0,971173	0,476943	0,906984	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná P (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 336,60, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		1392,0	1369,0	1399,5	1389,5	1319,0
1	Bialobrzeskie		0,726897	0,992304	0,999895	0,051654
2	Finola	0,726897		0,523768	0,793203	0,180135
3	Santhica27	0,992304	0,523768		0,977973	0,035572
4	USO-31	0,999895	0,793203	0,977973		0,058727
5	Původní vzorek	0,051654	0,180135	0,035572	0,058727	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Pb (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,77700, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		23,800	23,350	24,000	23,100	23,700
1	Bialobrzeskie		0,982574	0,999215	0,921922	0,999949
2	Finola	0,982574		0,938327	0,998110	0,993099
3	Santhica27	0,999215	0,938327		0,836808	0,996177
4	USO-31	0,921922	0,998110	0,836808		0,952578
5	Původní vzorek	0,999949	0,993099	0,996177	0,952578	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná S (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 173,40, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		1131,5	1193,0	1111,5	1171,0	1086,0
1	Bialobrzeskie		0,027807	0,593367	0,135585	0,085541
2	Finola	0,027807		0,008558	0,519890	0,002613
3	Santhica27	0,593367	0,008558		0,031704	0,404710
4	USO-31	0,135585	0,519890	0,031704		0,007135
5	Původní vzorek	0,085541	0,002613	0,404710	0,007135	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Zn (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,4290, sv = 5,0000					
	Označení půdy	1	2	3	4	5
		60,450	56,400	66,500	57,500	60,600
1	Bialobrzeskie		0,091459	0,020065	0,235614	0,999924
2	Finola	0,091459		0,002210	0,878140	0,080767
3	Santhica27	0,020065	0,002210		0,003639	0,022242
4	USO-31	0,235614	0,878140	0,003639		0,206705
5	Původní vzorek	0,999924	0,080767	0,022242	0,206705	

Tukeyův HSD test pro půdy po výluhu Mehlich3

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Al (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 78,254, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		44,294	13,932	,05000	,05000	,05000
1	Santhica27		0,087524	0,021069	0,021069	0,021069
2	USO-31	0,087524		0,568520	0,568520	0,568520
3	Bialobrzeskie	0,021069	0,568520		1,000000	1,000000
4	Finola	0,021069	0,568520	1,000000		1,000000
5	Původní vzorek půdy	0,021069	0,568520	1,000000	1,000000	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná As (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00147, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		,05000	,59333	,05000	,62374	,05000
1	Santhica27		0,000382	1,000000	0,000336	1,000000
2	USO-31	0,000382		0,000382	0,922261	0,000382
3	Bialobrzeskie	1,000000	0,000382		0,000336	1,000000
4	Finola	0,000336	0,922261	0,000336		0,000336
5	Původní vzorek půdy	1,000000	0,000382	1,000000	0,000336	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ca (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1132E2, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		7229,8	7216,2	7086,0	7550,8	7348,2
1	Santhica27		0,999999	0,990911	0,864831	0,995641
2	USO-31	0,999999		0,993736	0,848219	0,993417
3	Bialobrzeskie	0,990911	0,993736		0,662371	0,926396
4	Finola	0,864831	0,848219	0,662371		0,968742
5	Původní vzorek půdy	0,995641	0,993417	0,926396	0,968742	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cd (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00030, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		,07439	,08797	,08918	,10465	,11012
1	Santhica27		0,926065	0,903629	0,488395	0,360174
2	USO-31	0,926065		0,999993	0,862936	0,716959
3	Bialobrzeskie	0,903629	0,999993		0,889846	0,751616
4	Finola	0,488395	0,862936	0,889846		0,997164
5	Původní vzorek půdy	0,360174	0,716959	0,751616	0,997164	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cr (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00056, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		,04248	,00500	,00500	,00500	,00500
1	Santhica27		0,562758	0,562758	0,562758	0,562758
2	USO-31	0,562758		1,000000	1,000000	1,000000
3	Bialobrzeskie	0,562758	1,000000		1,000000	1,000000
4	Finola	0,562758	1,000000	1,000000		1,000000
5	Původní vzorek půdy	0,562758	1,000000	1,000000	1,000000	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cu (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,02719, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		2,0259	1,9120	2,0226	2,1322	2,4397
1	Santhica27		0,950187	1,000000	0,960512	0,225682
2	USO-31	0,950187		0,954827	0,685724	0,110516
3	Bialobrzeskie	1,000000	0,954827		0,956220	0,221032
4	Finola	0,960512	0,685724	0,956220		0,434028
5	Původní vzorek půdy	0,225682	0,110516	0,221032	0,434028	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Fe (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 16,874, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		35,413	37,008	36,807	45,605	41,051
1	Santhica27		0,993664	0,996216	0,232374	0,666936
2	USO-31	0,993664		0,999998	0,346419	0,852484
3	Bialobrzieskie	0,996216	0,999998		0,329684	0,831530
4	Finola	0,232374	0,346419	0,329684		0,797323
5	Původní vzorek půdy	0,666936	0,852484	0,831530	0,797323	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná K (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 141,99, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		75,478	100,76	89,189	93,337	117,05
1	Santhica27		0,336292	0,777421	0,603338	0,082791
2	USO-31	0,336292		0,857743	0,964783	0,670109
3	Bialobrzieskie	0,777421	0,857743		0,995825	0,269640
4	Finola	0,603338	0,964783	0,995825		0,384116
5	Původní vzorek půdy	0,082791	0,670109	0,269640	0,384116	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mg (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 335,14, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		119,81	145,37	140,52	166,21	159,68
1	Santhica27		0,654947	0,786728	0,219790	0,317839
2	USO-31	0,654947		0,998561	0,783363	0,925766
3	Bialobrzieskie	0,786728	0,998561		0,651357	0,825593
4	Finola	0,219790	0,783363	0,651357		0,995410
5	Původní vzorek půdy	0,317839	0,925766	0,825593	0,995410	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mn (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 3,3830, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		21,353	18,427	19,934	20,881	23,707
1	Santhica27		0,558007	0,928670	0,998730	0,713891
2	USO-31	0,558007		0,913977	0,686336	0,154919
3	Bialobrzieskie	0,928670	0,913977		0,982019	0,361146
4	Finola	0,998730	0,686336	0,982019		0,584721
5	Původní vzorek půdy	0,713891	0,154919	0,361146	0,584721	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ni (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00651, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		,56101	,65296	,62484	,77951	,70570
1	Santhica27		0,782811	0,922899	0,183541	0,464610
2	USO-31	0,782811		0,995812	0,569182	0,958659
3	Bialobrzieskie	0,922899	0,995812		0,412738	0,845057
4	Finola	0,183541	0,569182	0,412738		0,880297
5	Původní vzorek půdy	0,464610	0,958659	0,845057	0,880297	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná P (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,73151, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		12,709	10,235	7,4572	8,2530	7,7513
1	Santhica27		0,151361	0,008851	0,017785	0,011339
2	USO-31	0,151361		0,105244	0,275320	0,149627
3	Bialobrzесьkie	0,008851	0,105244		0,874151	0,996021
4	Finola	0,017785	0,275320	0,874151		0,971457
5	Původní vzorek půdy	0,011339	0,149627	0,996021	0,971457	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Pb (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,11846, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		3,3565	3,2657	3,5920	3,8230	4,0303
1	Santhica27		0,998586	0,951733	0,675629	0,396413
2	USO-31	0,998586		0,867184	0,544381	0,303919
3	Bialobrzесьkie	0,951733	0,867184		0,954774	0,717039
4	Finola	0,675629	0,544381	0,954774		0,968722
5	Původní vzorek půdy	0,396413	0,303919	0,717039	0,968722	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná S (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,0299, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		16,966	9,3812	10,756	4,9177	6,7500
1	Santhica27		0,003756	0,008988	0,000592	0,001060
2	USO-31	0,003756		0,675811	0,035243	0,206840
3	Bialobrzесьkie	0,008988	0,675811		0,011717	0,053188
4	Finola	0,000592	0,035243	0,011717		0,459047
5	Původní vzorek půdy	0,001060	0,206840	0,053188	0,459047	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Zn (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,24944, sv = 5,0000					
	Označení vzorku půdy	1	2	3	4	5
		2,0612	1,7344	1,7254	1,5231	1,5427
1	Santhica27		0,958469	0,954478	0,811701	0,829284
2	USO-31	0,958469		1,000000	0,991251	0,993931
3	Bialobrzесьkie	0,954478	1,000000		0,992566	0,994949
4	Finola	0,811701	0,991251	0,992566		0,999999
5	Původní vzorek půdy	0,829284	0,993931	0,994949	0,999999	

Tukeyův HSD test pro CHNS půd

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná N [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00047, sv = 5,0000					
	Name	1	2	3	4	5
		,77500	,79000	,71500	,74500	,74000
1	USO-31		0,949932	0,172379	0,661216	0,546685
2	Finola	0,949932		0,085187	0,352411	0,278527
3	Santhica27	0,172379	0,085187		0,661216	0,776206
4	Bialobrzесьkie	0,661216	0,352411	0,661216		0,999163
5	Původní vzorek půdy	0,546685	0,278527	0,776206	0,999163	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,06353, sv = 5,0000					
	Name	1	2	3	4	5
		9,7650	10,390	8,7100	9,4800	9,3600
1	USO-31		0,232722	0,042686	0,786909	0,550342
2	Finola	0,232722		0,006206	0,073440	0,046750
3	Santhica27	0,042686	0,006206		0,128107	0,209834
4	Bialobrzeskie	0,786909	0,073440	0,128107		0,986475
5	Původní vzorek půdy	0,550342	0,046750	0,209834	0,986475	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná H [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00354, sv = 5,0000					
	Name	1	2	3	4	5
		1,4495	1,5040	1,3055	1,4275	1,3995
1	USO-31		0,879724	0,247507	0,994732	0,906968
2	Finola	0,879724		0,096291	0,710760	0,480644
3	Santhica27	0,247507	0,096291		0,361390	0,563323
4	Bialobrzeskie	0,994732	0,710760	0,361390		0,987033
5	Původní vzorek půdy	0,906968	0,480644	0,563323	0,987033	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná S [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00148, sv = 5,0000					
	Name	1	2	3	4	5
		,09050	,15400	,11500	,12900	,12150
1	USO-31		0,530160	0,962215	0,845875	0,918505
2	Finola	0,530160		0,840327	0,959535	0,905735
3	Santhica27	0,962215	0,840327		0,995065	0,999755
4	Bialobrzeskie	0,845875	0,959535	0,995065		0,999569
5	Původní vzorek půdy	0,918505	0,905735	0,999755	0,999569	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C/N ratio (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,01343, sv = 5,0000					
	Name	1	2	3	4	5
		12,596	12,947	12,167	12,692	12,406
1	USO-31		0,131268	0,067328	0,911249	0,537331
2	Finola	0,131268		0,005942	0,309542	0,027931
3	Santhica27	0,067328	0,005942		0,031455	0,355883
4	Bialobrzeskie	0,911249	0,309542	0,031455		0,237131
5	Původní vzorek půdy	0,537331	0,027931	0,355883	0,237131	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C/H ratio (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,01971, sv = 5,0000					
	Name	1	2	3	4	5
		6,7394	6,7906	6,6775	6,6442	6,5942
1	USO-31		0,995007	0,989744	0,953076	0,830675
2	Finola	0,995007		0,918098	0,827060	0,653120
3	Santhica27	0,989744	0,918098		0,999072	0,970288
4	Bialobrzeskie	0,953076	0,827060	0,999072		0,995418
5	Původní vzorek půdy	0,830675	0,653120	0,970288	0,995418	

Tukeyův HSD test pro jednotlivé prvky ve stonku

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná K (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1974E3, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		3984,2	5822,2	7621,1	5294,5
1	USO-31		0,429025	0,052434	0,676130
2	Finola	0,429025		0,445853	0,965819
3	Santhica27	0,052434	0,445853		0,254779
4	Bialobrzeskie	0,676130	0,965819	0,254779	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná B (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,0855, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		5,8925	5,9502	5,2904	4,8984
1	USO-31		0,999886	0,891338	0,661383
2	Finola	0,999886		0,863437	0,623382
3	Santhica27	0,891338	0,863437		0,965654
4	Bialobrzeskie	0,661383	0,623382	0,965654	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ca (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2058E3, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		5106,0	5506,3	4252,3	3844,0
1	USO-31		0,985325	0,883000	0,712012
2	Finola	0,985325		0,715734	0,522716
3	Santhica27	0,883000	0,715734		0,984463
4	Bialobrzeskie	0,712012	0,522716	0,984463	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cu (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,31206, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		1,2291	1,6427	1,2994	1,7661
1	USO-31		0,802068	0,998632	0,656431
2	Finola	0,802068		0,873163	0,992603
3	Santhica27	0,998632	0,873163		0,741459
4	Bialobrzeskie	0,656431	0,992603	0,741459	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Fe (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 23,430, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		13,615	22,803	9,6556	12,264
1	USO-31		0,171327	0,752894	0,985303
2	Finola	0,171327		0,042110	0,106552
3	Santhica27	0,752894	0,042110		0,909215
4	Bialobrzeskie	0,985303	0,106552	0,909215	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mg (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 69680,, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		679,91	666,75	508,40	614,54
1	USO-31		0,999917	0,854628	0,989646
2	Finola	0,999917		0,880624	0,994653
3	Santhica27	0,854628	0,880624		0,958644
4	Bialobrzeskie	0,989646	0,994653	0,958644	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mn (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,33625, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		,62740	1,4137	,64555	,70632
1	USO-31		0,401143	0,999979	0,998271
2	Finola	0,401143		0,419242	0,483305
3	Santhica27	0,999979	0,419242		0,999232
4	Bialobrzeskie	0,998271	0,483305	0,999232	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ni (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,02696, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		,00500	,23689	,00500	,00500
1	USO-31		0,369859	1,000000	1,000000
2	Finola	0,369859		0,369859	0,369859
3	Santhica27	1,000000	0,369859		1,000000
4	Bialobrzeskie	1,000000	0,369859	1,000000	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná P (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 10159,, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		168,25	234,90	145,68	208,68
1	USO-31		0,848243	0,992310	0,958918
2	Finola	0,848243		0,708303	0,988034
3	Santhica27	0,992310	0,708303		0,867810
4	Bialobrzeskie	0,958918	0,988034	0,867810	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná S (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 5022,7, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		291,31	323,21	242,92	248,52
1	USO-31		0,943691	0,836136	0,878643
2	Finola	0,943691		0,539762	0,592999
3	Santhica27	0,836136	0,539762		0,999669
4	Bialobrzeskie	0,878643	0,592999	0,999669	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Zn (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,2253, sv = 8,0000				
	vzorek stonku	1	2	3	4
		1,6774	3,8951	1,2663	1,8695
1	USO-31		0,143438	0,966859	0,996373
2	Finola	0,143438		0,075763	0,191912
3	Santhica27	0,966859	0,075763		0,906514
4	Bialobrzeskie	0,996373	0,191912	0,906514	

Tukeyův HSD test pro CHNS stonku

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná N [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,01113, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		,37000	,43000	,33000	,42333
1	USO-31		0,895729	0,964899	0,923193
2	Finola	0,895729		0,665727	0,999831
3	Santhica27	0,964899	0,665727		0,708716
4	Bialobrzeskie	0,923193	0,999831	0,708716	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,27367, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		45,257	45,650	45,930	45,117
1	USO-31		0,795016	0,441564	0,987011
2	Finola	0,795016		0,910782	0,616483
3	Santhica27	0,441564	0,910782		0,298593
4	Bialobrzeskie	0,987011	0,616483	0,298593	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná H [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00110, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		6,6263	6,6250	6,6230	6,6710
1	USO-31		0,999956	0,999325	0,407239
2	Finola	0,999956		0,999853	0,384547
3	Santhica27	0,999325	0,999853		0,352142
4	Bialobrzeskie	0,407239	0,384547	0,352142	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná S [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00399, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		,08033	,02800	,02367	,02200
1	USO-31		0,746229	0,700420	0,682492
2	Finola	0,746229		0,999784	0,999428
3	Santhica27	0,700420	0,999784		0,999988
4	Bialobrzeskie	0,682492	0,999428	0,999988	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C/N ratio (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1161,6, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		129,06	110,78	148,71	110,48
1	USO-31		0,910239	0,891957	0,906366
2	Finola	0,910239		0,552947	1,000000
3	Santhica27	0,891957	0,552947		0,547061
4	Bialobrzeskie	0,906366	1,000000	0,547061	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C/H ratio (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00637, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		6,8296	6,8903	6,9352	6,7637
1	USO-31		0,789356	0,420112	0,747885
2	Finola	0,789356		0,898730	0,284146
3	Santhica27	0,420112	0,898730		0,111894
4	Bialobrzeskie	0,747885	0,284146	0,111894	

Tukeyův HSD test pro jednotlivé prvky v listu

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná K (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2530E4, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		24154,	25906,	16638,	22905,
1	USO-31		0,972298	0,327512	0,989569
2	Finola	0,972298		0,187896	0,882173
3	Santhica27	0,327512	0,187896		0,466895
4	Bialobrzeskie	0,989569	0,882173	0,466895	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná AI (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1003,4, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		124,03	63,812	79,377	102,00
1	USO-31		0,170482	0,371310	0,828911
2	Finola	0,170482		0,928727	0,492340
3	Santhica27	0,371310	0,928727		0,817826
4	Bialobrzeskie	0,828911	0,492340	0,817826	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná B (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 88,076, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		60,075	66,411	67,967	55,325
1	USO-31		0,840484	0,737862	0,922915
2	Finola	0,840484		0,996845	0,507969
3	Santhica27	0,737862	0,996845		0,406217
4	Bialobrzeskie	0,922915	0,507969	0,406217	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ca (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 3363E5, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		81509,	99313,	82722,	80696,
1	USO-31		0,649891	0,999806	0,999941
2	Finola	0,649891		0,695103	0,619463
3	Santhica27	0,999806	0,695103		0,999090
4	Bialobrzeskie	0,999941	0,619463	0,999090	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cu (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2,1827, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		6,7547	2,3261	3,9887	4,4554
1	USO-31		0,026137	0,178905	0,297879
2	Finola	0,026137		0,544788	0,354483
3	Santhica27	0,178905	0,544788		0,979040
4	Bialobrzeskie	0,297879	0,354483	0,979040	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Fe (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2560,1, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		190,41	116,93	132,46	162,99
1	USO-31		0,348769	0,531574	0,907887
2	Finola	0,348769		0,980692	0,691256
3	Santhica27	0,531574	0,980692		0,878846
4	Bialobrzeskie	0,907887	0,691256	0,878846	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mg (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 3499E3, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		7187,5	6936,4	10045,	9296,7
1	USO-31		0,998341	0,311294	0,543320
2	Finola	0,998341		0,252298	0,457094
3	Santhica27	0,311294	0,252298		0,959220
4	Bialobrzeskie	0,543320	0,457094	0,959220	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mn (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2,1558, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		8,1045	7,2324	9,4972	8,0160
1	USO-31		0,883526	0,665209	0,999853
2	Finola	0,883526		0,304280	0,911442
3	Santhica27	0,665209	0,304280		0,623834
4	Bialobrzeskie	0,999853	0,911442	0,623834	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mo (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,20101, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		,48445	,72285	,77534	,17811
1	USO-31		0,912289	0,855116	0,835907
2	Finola	0,912289		0,998906	0,486378
3	Santhica27	0,855116	0,998906		0,414910
4	Bialobrzeskie	0,835907	0,486378	0,414910	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ni (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,98955, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		1,3353	,41291	,38294	,56445
1	USO-31		0,679701	0,659087	0,780587
2	Finola	0,679701		0,999982	0,997561
3	Santhica27	0,659087	0,999982		0,995798
4	Bialobrzeskie	0,780587	0,997561	0,995798	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná P (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2335E2, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		1655,0	1302,3	1497,9	1506,0
1	USO-31		0,808455	0,977264	0,980435
2	Finola	0,808455		0,957846	0,952892
3	Santhica27	0,977264	0,957846		0,999997
4	Bialobrzeskie	0,980435	0,952892	0,999997	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná S (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 7391E2, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		2991,9	2638,4	3605,6	3557,6
1	USO-31		0,956015	0,818083	0,850086
2	Finola	0,956015		0,545036	0,582616
3	Santhica27	0,818083	0,545036		0,999883
4	Bialobrzeskie	0,850086	0,582616	0,999883	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Zn (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 38,760, sv = 8,0000				
	vzorek	1	2	3	4
		17,732	11,288	28,024	13,916
1	USO-31		0,605890	0,255817	0,874080
2	Finola	0,605890		0,044172	0,952705
3	Santhica27	0,255817	0,044172		0,091439
4	Bialobrzeskie	0,874080	0,952705	0,091439	

Tukeyův HSD test pro CHNS listu

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná N [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,08094, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		1,9000	1,6400	1,9533	2,0467
1	USO-31		0,688848	0,995450	0,919107
2	Finola	0,688848		0,560856	0,360729
3	Santhica27	0,995450	0,560856		0,976659
4	Bialobrzeskie	0,919107	0,360729	0,976659	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,1651, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		34,240	29,983	34,387	34,127
1	USO-31		0,005822	0,998280	0,999228
2	Finola	0,005822		0,004774	0,006822
3	Santhica27	0,998280	0,004774		0,990444
4	Bialobrzeskie	0,999228	0,006822	0,990444	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná H [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,03323, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		5,3967	4,6267	5,4983	5,3947
1	USO-31		0,003885	0,900796	0,999999
2	Finola	0,003885		0,001861	0,003945
3	Santhica27	0,900796	0,001861		0,895722
4	Bialobrzeskie	0,999999	0,003945	0,895722	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná S [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,05469, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		,73567	,69733	,99367	,87500
1	USO-31		0,996947	0,559570	0,882628
2	Finola	0,996947		0,453791	0,790136
3	Santhica27	0,559570	0,453791		0,922398
4	Bialobrzeskie	0,882628	0,790136	0,922398	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C/N ratio (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4,4485, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		18,203	18,382	17,835	17,013
1	USO-31		0,999586	0,996341	0,897944
2	Finola	0,999586		0,988152	0,854960
3	Santhica27	0,996341	0,988152		0,962068
4	Bialobrzeskie	0,897944	0,854960	0,962068	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C/H ratio (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00814, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		6,3465	6,4813	6,2537	6,3265
1	USO-31		0,327737	0,610435	0,992567
2	Finola	0,327737		0,058761	0,231647
3	Santhica27	0,610435	0,058761		0,760035
4	Bialobrzeskie	0,992567	0,231647	0,760035	

Tukeyův HSD test pro jednotlivé prvky v semenech

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná V (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00000, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		,00264	,00150	,00282	,00193
1	USO-31		0,244664	0,987731	0,598564
2	Bialobrzeskie	0,244664		0,158760	0,862343
3	Finola	0,987731	0,158760		0,428998
4	Santhica27	0,598564	0,862343	0,428998	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cr (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00021, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		,03039	,01976	,05325	,01925
1	USO-31		0,802131	0,281639	0,779950
2	Bialobrzeskie	0,802131		0,081495	0,999970
3	Finola	0,281639	0,081495		0,076627
4	Santhica27	0,779950	0,999970	0,076627	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ni (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,18494, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		1,7844	1,6167	1,5974	,91611
1	USO-31		0,962059	0,948710	0,139710
2	Bialobrzeskie	0,962059		0,999939	0,265793
3	Finola	0,948710	0,999939		0,285269
4	Santhica27	0,139710	0,265793	0,285269	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cu (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 11,783, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		20,843	18,704	20,911	16,597
1	USO-31		0,868742	0,999995	0,472419
2	Bialobrzeskie	0,868742		0,858358	0,873511
3	Finola	0,999995	0,858358		0,460209
4	Santhica27	0,472419	0,873511	0,460209	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Zn (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 46,393, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		80,912	84,811	70,097	79,482
1	USO-31		0,893950	0,283612	0,993629
2	Bialobrzeskie	0,893950		0,109711	0,775909
3	Finola	0,283612	0,109711		0,388709
4	Santhica27	0,993629	0,775909	0,388709	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná As (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00000, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		,00592	,00326	,00837	,00123
1	USO-31		0,382632	0,445641	0,066578
2	Bialobrzeskie	0,382632		0,045608	0,588316
3	Finola	0,445641	0,045608		0,008046
4	Santhica27	0,066578	0,588316	0,008046	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cd (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00001, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		,00320	,00345	,01201	,00206
1	USO-31		0,999699	0,038526	0,969409
2	Bialobrzeskie	0,999699		0,043914	0,947835
3	Finola	0,038526	0,043914		0,021001
4	Santhica27	0,969409	0,947835	0,021001	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Pb (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00284, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		,12795	,02994	,01298	,01214
1	USO-31		0,188515	0,109947	0,107002
2	Bialobrzeskie	0,188515		0,978563	0,975409
3	Finola	0,109947	0,978563		0,999997
4	Santhica27	0,107002	0,975409	0,999997	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ca (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 55027,, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		1330,9	1406,3	1043,8	1470,1
1	USO-31		0,978004	0,480713	0,883927
2	Bialobrzeskie	0,978004		0,303002	0,986386
3	Finola	0,480713	0,303002		0,196013
4	Santhica27	0,883927	0,986386	0,196013	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Fe (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 261,44, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		91,583	117,24	92,445	85,708
1	USO-31		0,284169	0,999898	0,968825
2	Bialobrzeskie	0,284169		0,308567	0,157009
3	Finola	0,999898	0,308567		0,954376
4	Santhica27	0,968825	0,157009	0,954376	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mg (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1081E2, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		4192,4	4206,9	4023,4	4034,3
1	USO-31		0,999943	0,919697	0,932745
2	Bialobrzeskie	0,999943		0,900621	0,915257
3	Finola	0,919697	0,900621		0,999975
4	Santhica27	0,932745	0,915257	0,999975	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mn (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 19,741, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		21,382	30,927	21,732	38,309
1	USO-31		0,112006	0,999674	0,007127
2	Bialobrzeskie	0,112006		0,128190	0,252513
3	Finola	0,999674	0,128190		0,008038
4	Santhica27	0,007127	0,252513	0,008038	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná P (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 3663E2, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		7742,1	7850,1	7921,4	7721,3
1	USO-31		0,996066	0,982566	0,999973
2	Bialobrzeskie	0,996066		0,998887	0,993370
3	Finola	0,982566	0,998887		0,976153
4	Santhica27	0,999973	0,993370	0,976153	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná S (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 17029,, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		2362,5	2582,7	2622,9	2424,5
1	USO-31		0,242327	0,145374	0,934927
2	Bialobrzeskie	0,242327		0,980397	0,488184
3	Finola	0,145374	0,980397		0,314591
4	Santhica27	0,934927	0,488184	0,314591	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná K (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 92435,, sv = 8,0000				
	opakování	1	2	3	4
		6716,5	5396,5	5692,5	5989,1
1	USO-31		0,003300	0,014221	0,073499
2	Bialobrzeskie	0,003300		0,648043	0,157240
3	Finola	0,014221	0,648043		0,646583
4	Santhica27	0,073499	0,157240	0,646583	

Tukeyův HSD test pro CHNS semen

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná N [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,01945, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		4,2600	4,7267	4,0377	4,4027
1	USO31		0,014729	0,280820	0,614090
2	Finola	0,014729		0,001534	0,082835
3	Santhica27	0,280820	0,001534		0,049884
4	Bialobrzeskie	0,614090	0,082835	0,049884	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,23952, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		53,983	53,745	52,985	53,623
1	USO31		0,930922	0,135155	0,805007
2	Finola	0,930922		0,299436	0,989358
3	Santhica27	0,135155	0,299436		0,432066
4	Bialobrzeskie	0,805007	0,989358	0,432066	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná H [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,47515, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		10,627	9,7873	10,218	10,548
1	USO31		0,484092	0,883609	0,998984
2	Finola	0,484092		0,867909	0,559071
3	Santhica27	0,883609	0,867909		0,933325
4	Bialobrzeskie	0,998984	0,559071	0,933325	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná S [%] (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,08544, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		,17333	,52933	,17000	,18700
1	USO31		0,484546	0,999999	0,999931
2	Finola	0,484546		0,477343	0,514619
3	Santhica27	0,999999	0,477343		0,999868
4	Bialobrzeskie	0,999931	0,514619	0,999868	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C/N ratio (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,17365, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		12,715	11,378	13,127	12,194
1	USO31		0,018454	0,637632	0,463725
2	Finola	0,018454		0,004038	0,155287
3	Santhica27	0,637632	0,004038		0,095676
4	Bialobrzeskie	0,463725	0,155287	0,095676	

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná C/H ratio (Infeld Hodnoty) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,18389, sv = 8,0000				
	Name	1	2	3	4
		5,0800	5,5717	5,1860	5,0840
1	USO31		0,530736	0,989698	0,999999
2	Finola	0,530736		0,698704	0,536902
3	Santhica27	0,989698	0,698704		0,990789
4	Bialobrzeskie	0,999999	0,536902	0,990789	